

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Факультет електроніки
Кафедра електронних приладів та пристроїв**

До захисту допущено

Завідувач кафедри, проф., д.т.н.

_____ Л.Д.Писаренко

« ____ » _____ 2018 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття ступеня магістра

з напрямку підготовки **6.050802 – Електронні пристрої та системи**
на тему **«Електронна система імітації вогневої позиції снайпера**
контрснайперської боротьби»

Виконав:

Студент 6 курсу, гр. ДЕ-71мп **Цимбал Олексій**
Олександрович

Керівник:

Ст. викл. **Бевза Олег Миколайович**

Нормоконтроль:

Доцент кафедри ЕП та П, к.т.н. **Чадюк В.О.**

Рецензент:

асистент **Заграничний Артур Володимирович**

Засвідчую, що у цій магістерській роботі
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ-2018

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет електроніки
Кафедра електронних приладів та пристроїв

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Напрямок підготовки (програма професійного спрямування) – 6.050802 –

Електронні пристрої та системи (Електронні прилади та пристрої)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, проф., д.т.н.

_____ Л.Д.Писаренко

«____» _____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту

Цимбалу Олексію Олександровичу

1. Тема роботи «Електронна система імітації вогневої позиції снайпера для контрснайперської боротьби»

і керівник роботи Бевза Олег Миколайович, ст. викл.

затверджені наказом по університету від «____» _____ 2018 р., № _____

2. Термін подання студентом роботи : «____» _____ 2018 р.

3. Вихідні дані до роботи: Огляд різновидів конструкцій та принципів роботи систем контрснайперської боротьби, розробка та розрахунок принципової схеми, розробка друкованої плати пристрою. Напруга живлення пристрою +12 В, робоча частота антени 2,4 ГГц, активний опір 75 Ом, коефіцієнт підсилення антени 10 дБі.

4. Зміст роботи: Анотація; вступ; огляд науково-технічної літератури методах антиснайпінгу; наявні на ринку системи; розробка системи імітації вогневої позиції снайпера; розробка стартапу; висновки; список науково-технічної літератури.

5. Перелік ілюстративного матеріалу: Складальне креслення електронної системи імітації вогневої позиції снайпера, функціональні схеми, структурні схеми; плакати з формулами, графіками та висновками.

6. Дата видачі завдання : _____ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд науково-технічної літератури по електронним системам імітації вогневої позиції снайпера		
2	Розробка структурної, функціональної та електричної принципової схем пристрою		
3	Моделювання антени		
4	Оформлення графічної частини, пояснювальної записки, плакатів, підготовка доповіді		

Студент гр. ДЕ-71мп

О.О. Цимбал

Керівник роботи

О.О. Бевза

Р Е Ф Е Р А Т

«Електронна система імітації вогневої позиції снайпера контрснайперської боротьби / Магістерська робота напряму підготовки **6.050802 – «Електронні пристрої та системи»** спеціалізації **«Електронні прилади та пристрої»**. **Цимбал Олексій Олександрович**. НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського». Факультет електроніки, кафедра електронних приладів та пристроїв. Група ДЕ-71мп. – К.: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2018. – 85 с., 41 іл., 21 табл. .

Ключові слова: частота, коефіцієнт підсилення, мікроконтролер, імпульсний перетворювач, антена.

Короткий зміст роботи: Дана дипломна робота присвячена дослідженню існуючих схемних рішень систем імітації вогневої позиції; розробка блок-схеми, принципової схеми пристрою та друкованої плати, в ній представлено результати інженерних розрахунків понижуючого імпульсного перетворювача напруги та коефіцієнт підсилення біквадратної антени.

У вступі сформульована головна задача роботи і показана її актуальність. В аналізі літератури представлений огляд електронних систем імітації вогневої позиції снайпера, їх основні параметри та характеристики, та підтверджена перспективність їх розробки. В теоретичному розділі розроблено структурну, функціональну та принципову схему, розраховано антену. В конструкторському розділі розроблено друковану плату та виготовлено антену. Дана робота є актуальною і може бути використана для імітації вогневої позиції снайпера контрснайперської боротьби.

АНОТАЦІЯ

Дана дипломна робота присвячена дослідженню електронних систем імітації вогневої позиції снайпера для контрснайперської боротьби. В ній представлено результати інженерних розрахунків імпульсного понижуючого перетворювача напруги та моделювання антени біквадрат.

Робота складається із вступу, аналізу літератури, теоретичної частини, методики інженерних розрахунків та висновків. У вступі сформульована головна задача роботи і показана її актуальність. В аналізі літератури представлений огляд літератури по електронним системам імітації вогневої позиції снайпера їх основні параметри та характеристики, та підтверджена перспективність їх розробки. В теоретичній частині розроблена структурна, принципова схема, замодельовано антену з вхідними параметрами. В конструкторсько – технологічному розділі розроблено друковану плату та виготовлено антену

S U M M A R Y

This thesis is devoted to the research of electronic systems simulating the position of the sniper for the counter-naiper struggle. It presents the results of engineering calculations of the pulse reducing voltage converter and simulation of the bi-square antenna.

The work consists of introduction, analysis of literature, theoretical part, methods of engineering calculations and conclusions. The introduction formulates the main task of the work and shows its relevance. In the analysis of literature, a review of literature on electronic systems simulating the position of the sniper of the sniper, their main parameters and characteristics, and confirmed the prospects of their development. In the theoretical part a structural, principal scheme was developed, an antenna with input parameters was modeled. In the design and technological section a printed circuit board was developed and an antenna was manufactured.

[illegible]

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ I. ОГЛЯД НАУКОВО – ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ПО ЕЛЕКТРОННИМ СИСТЕМАМ ІМІТАЦІЇ ВОГНЕВОЇ ПОЗИЦІЇ СНАЙПЕРА.....	10
1.1. Роль снайпера у бойових діях.....	10
1.2. Методи виявлення снайперської позиції.....	12
1.2.1. Лазерна локація.....	12
1.2.2. Тепловізійний метод.....	21
1.2.3. Звукометричний метод.....	23
1.3. Наявні на ринку електронні системи контрснайперської боротьби.....	25
1.3.1. Комплекс з виявлення оптики від компанії «Транскрипт».....	25
1.3.2. Система визначення точки пострілу «Trilon Technology».....	26
1.3.3. Система виявлення оптичних об'єктів "МИФ-350".....	28
1.3.4. "Призрак–М" (ТЛС2000).....	29
1.3.5. Лазерний детектор SLD 500 CILAS.....	30
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ I.....	31
РОЗДІЛ II. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	33
2.1. Постановка технічного завдання	33
2.2. Розробка структурної схеми.....	34
2.3. Розробка принципової схеми системи.....	35

					МРП.171.071.021 ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата						
Розроб.		Цимбал О.О.			Електронна система імітації вогневої позиції снайпера для контрснайперської боротьби Пояснювальна записка			Літер.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Бевза О. М.							5	
								НТУУ “КПІ”, ФЕЛ ДЕ-71мп		
Н. Контр.		Чадюк В. О.								
Затверд.		Писаренко Л. Д.								

2.5. ATmega 48.....	45
2.6. ATmega8535.....	49
2.7. Модуль антени NRF24L01plus.....	51
2.8. Мікросхема ULN2003.....	53
2.9. Сервопривід Tower Pro MG995.....	55
2.10. Інтегральний стабілізатор 7812.....	56
2.11. Світлодіод 3 Вт.....	58
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ II.....	61
РОЗДІЛ III. КОНСТРУКТОРСЬКО – ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	62
3.1. Розробка друкованої плати.....	62
3.2. Виготовлення друкованої плати.....	66
3.3. Виготовлення антени.....	69
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ III.....	71
РОЗДІЛ IV. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ.....	72
4.1. Визначення стартапу.....	72
4.2. Опис ідеї проекту.....	74
4.3. Технологічний аудит ідеї проекту.....	75
4.4. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	75
4.5. Розробка маркетингової програми стартап-проекту.....	79
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ IV.....	81
ВИСНОВКИ.....	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	83

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ

ВПК – воєнно-промисловий комплекс

ІЧ – інфрачервоний;

КСХ - коефіцієнт стоячої хвилі;

МК – мікропроцесор;

КМОН – комплементарна структура метал-оксид-напівпровідник;

EEPROM - Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory;

АЦП – аналого-цифровий перетворювач;

DC - direct current;

КР – кварцовий резонатор;

ПЛІС – програмована логічна інтегральна схема;

ДП – друкована плата;

САПР – система автоматичного проектування та розрахунку.

ВСТУП

На сьогоднішній день при веденні бойових дій використання передових електронних систем зв'язку, моніторингу, геолокації, наведення, коригування вогню, пінгування дає велику перевагу бойовим підрозділам. Особливо важливим є питання оснащення снайперів, які являються елітою армії. Снайпер на полі бою виконує надскладні та надважливі завдання, а тому потребує надійного та сучасного оснащення, що дає змогу підвищити його ефективність, робить його непомітним та змушує ворога до помилок. Технології воєнно-промислового комплексу розвиваються дуже швидко і тому стоїть гостра необхідність у модернізації тактик ведення боїв з використанням передових технологій для досягнення поставлених задач при мінімальних втратах.

Задачами снайпера є:

- знищення снайперів противника (антиснайперська боротьба);
- знищення рухомих цілей;
- перешкоджання захопленню певних територій або шляхів відступу;
- забезпечення прикриття інженерних споруд;
- підтримання вогнем своїх підрозділів;
- прикриття саперів;
- коректування вогню артилерії і наведення ударів штурмової авіації.

Доцільність задіяння снайпера залежить від декількох факторів: тип операції, тип місцевості, рівень конфлікту та показники бою. Ефективність снайперів залежить від місцевості. Снайпери для забезпечення своєчасної та ефективної підтримки мають розуміти задумку бою. При веденні бойових дій на території міста снайпери розташовуються у будівлях та цеглових конструкціях. Ці об'єкти повинні забезпечувати значну дальність для їх стрільби та круговий огляд. Снайпери не повинні вибирати явно відкриті місця

свого розташування, такі як ці місця під пильним наглядом противника.

Снайпери мають діяти по всій території ведення бою, переміщаючись і підтримуючи підрозділи. Деякі групи снайперів можуть діяти окремо від основних сил. Вони самостійно уражають можливі цілі. Ці групи можуть займати та утворювати цілу вогневу систему, якщо ж вся група розташується в одному місці, то проблематичним виявиться спостереження і більше шансів бути поміченим противником. Окремі елементи цієї системи повинні забезпечувати себе взаємною підтримкою. Крім всього, вони мають підготувати собі запасні та додаткові вогневі позиції.

Контрснайперська боротьба – це превентивні заходи протистояння потенційному ворогу при виконанні снайпером бойового завдання для відвертання уваги, а також для збільшення шансів успішного проведення операції.

Система контрснайперської боротьби повинна включати:

- дистанційне керування.
- світлова імітація пострілу;
- дистанційне підривання електродетонаторів;
- імітація відблиску оптичного прицілу;
- імітація теплового випромінювання людини.

Призначення системи:

- відволікання ворожих військ від місця знаходження снайпера;
- маскування снайпера;
- змушення ворожого снайпера видати себе.

Метою магістерської роботи є розробка надійного електронного комплексу для імітації вогневої позиції снайпера в умовах ведення бойових дій.

Задача дослідження: аналіз основ снайперської тактики; аналіз існуючих схемних рішень; розробка блок-схеми пристрою; розробка принципової схеми пристрою; розробка корпусу пристрою; експериментальна перевірка роботи пристрою.

РОЗДІЛ I. ОГЛЯД НАУКОВО – ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ПО ЕЛЕКТРОННИМ СИСТЕМАМ ІМІТАЦІЇ ВОГНЕВОЇ ПОЗИЦІЇ СНАЙПЕРА

1.1. Роль снайпера у бойових діях

Порівняно нещодавно снайпер не визначав характер бою, його функції були допоміжними, він вирішував обмежені бойові задачі. Але сучасні бойові дії від широкомасштабних битв великих армій все більше зводяться до партизанських, диверсійних, повстанських та протиповстанських дій, в яких роль снайпера стає визначальною. Звідси виникає і протилежна задача надзвичайної важливості: ефективна антиснайперська боротьба. Зі снайпером впоратися нескладно, якщо його вчасно виявити. Над рішенням цієї проблеми, що стала останнім часом першочерговою, незалежно один від одного працюють військові спеціалісти провідних держав [1].

Традиційні методи зводяться до визначення дальності по силі звуку пострілу та напрямку на снайпера по тому ж звуку або по сліду кулі, яка потрапила у перешкоду (наприклад, на землі або снігу куля залишає лінію).

З іншого боку існують ефективні методи визначення координат артилерійських позицій. Класичний метод звукового визначення дозволяє методом тріангуляції досить точно виявити місцезнаходження вогневої позиції.

Цінність снайпера в бою в населеному пункті залежить від декількох факторів: тип операції, рівень конфлікту та показники бою. Там, де показники бою дозволяють знищувати із застосуванням механізованих сил, які мають велику руйнівну потужність, використання снайперських вогневих точок недоцільне. Однак вони також можуть підтримувати вогнем.

Ефективність снайперів частково залежить від місцевості. Керування погіршується в залежності від характеристик міської території. Снайпери розташовуються у будівлях та цеглових конструкціях. Ці об'єкти повинні забезпечувати значну дальність для їх стрільби. Снайпери не повинні обирати явно відкриті місця свого розташування, такі як вежі дахи, бо в такому випадку знаходяться під пильним наглядом противника [1].

Снайпери мають діяти по всій території ведення бою, переміщаючись і підтримуючи підрозділи. Деякі групи снайперів можуть діяти окремо від основних сил. Ці групи займають та утворюють цілу вогневу систему. Окремі елементи цієї системи повинні

забезпечувати себе взаємною підтримкою. Крім того, вони мають підготувати собі додаткові вогневі позиції [2].

Перераховані вище задачі відносяться до снайпера як до "першого номера" бойової групи, але роль "другого номера" – спостерігача-коректувальника – також дуже важлива. При проведенні снайперських операцій коректувальник несе та готує до роботи прилади нічного бачення, далекомір і т. д.; при необхідності використовує для вогневого прикриття снайпера автоматичну гвинтівку; при пересуванні по маршруту маскує або знищує сліди; веде спостереження за місцевістю; оцінює зовнішні фактори при підготовці снайпера до пострілу (дистанція до цілі, напрям та сила вітру, величина деривації); коригує вогонь снайпера; веде документацію; підтримує радіозв'язок; при необхідності використовує мінні засоби.

Для снайпінгу характерна схожість з партизанськими підрозділами. Вона виражається не тільки в плані тактики (боротьба малими силами проти краще озброєного противника) але й у відношенні до таких способів війни високих армійських чинів, і в регулярності підрозділів такого типу.

1.2. Методи виявлення снайперської позиції

1.2.1. Лазерна локація

Лазерна локація – це область оптоелектроніки, яка займається виявленням та визначенням положення об'єктів за допомогою електромагнітних хвиль оптичного діапазону, випромінюваних лазерами. Через те, що лазерне випромінювання являється вузьконаправленим, монохроматичним, має високу спектральну яскравість, це робить оптичну локацію конкурентоспроможною в порівнянні з радіолокацією. В основі лазерної локації лежать три основних властивості електромагнітних хвиль:

1. Здатність відбиватися від об'єктів. Лазерне випромінювання відбивається від будь-яких предметів, розміри яких більші за довжину хвилі, краще ніж радіохвилі. Потужність відбитого випромінювання обернено пропорційне довжині хвилі в четвертому степені. Для лазерного локатора характерна більша виявна здатність, ніж радіолокатору — виявна здатність збільшується при зменшенні довжини хвилі [3].

2. Здатність поширюватися прямолінійно. Використання вузьконаправленого скануючого лазерного променя дозволяє визначити напрямок до об'єкта (пеленг цілі). Цей напрямок визначається по розташуванню осі оптичної системи, що формує лазерне випромінювання (рис.1.1.). Чим вужче промінь, тим з більшою точністю можливо визначити пеленг (в радіолокації – за напрямком антени). Коефіцієнт направленої дії та діаметр антени обчислюється за формулою:

$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} S \quad (1.1)$$

де G – коефіцієнт направленої дії; S – площа антени м^2 ; λ - довжина хвилі випромінювання, мкм [4].

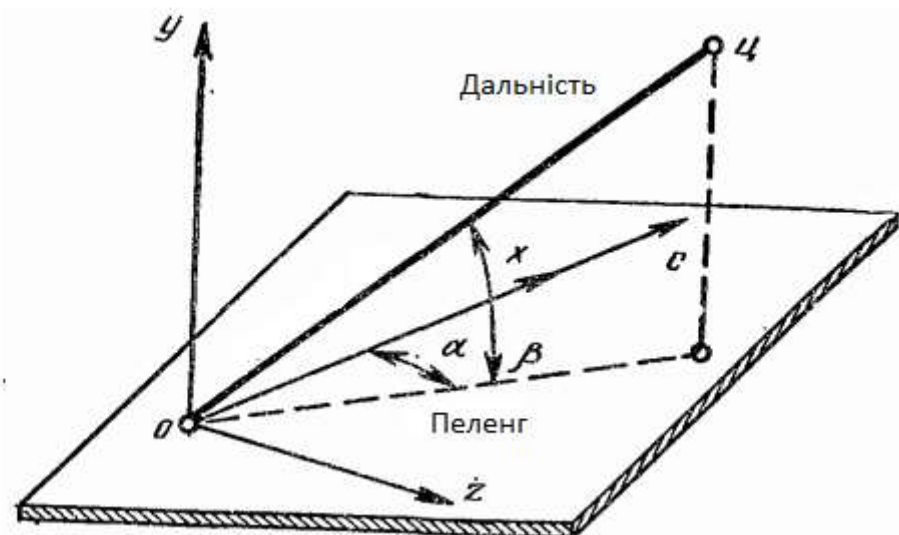


Рис. 1.1. Визначення координат об'єкта за допомогою пеленга цілі: α – пеленг або азимут;
 β – кут місця

Для того щоб отримати коефіцієнт направленості близько $1,5^\circ$ при використанні сантиметрового діапазону, необхідна антена діаметра 10 м. Таку антену неможливо використовувати, необхідно переходити в діапазон коротких хвиль

Кутовий растрвор променю лазера, виготовленого з активної твердотільної речовини (без фокусуєчих систем) складає $1^\circ \dots 1,5^\circ$. Використання фокусуєчих систем дозволяє звужити промінь до декількох кутових хвилин.

3. Здатність лазерного випромінювання розповсюджуватися з постійною швидкістю дає можливість визначати відстань до об'єкта. При використанні імпульсного методу визначення дальності використовується співвідношення [5]:

$$L = \frac{ct_n}{2} \quad (1.2)$$

де L відстань до об'єкта, км; c – швидкість розповсюдження випромінювання км/с; t_n – час проходження імпульсу до цілі та назад, с.

Отже, потенційна точність вимірювання дальності визначається точністю вимірювання часу проходження імпульсу енергії до об'єкта і назад. За допомогою лазерного випромінювання можна отримати імпульси тривалістю 10^{-7} - 10^{-8} .

Параметри лазерного локатора:

- зона дії – область простору, в якій ведеться спостереження (максимальна та мінімальна дальності дії, межі огляду по куту та азимуту);
- кут огляду – час, за який лазерний промінь робить одне сканування простору;
- координати, що визначаються – для визначення наземних об'єктів достатньо виміряти дві координати: дальність та азимут. Кожній координаті властива своя роздільна здатність. Під роздільною здатністю слід розуміти можливість окремого визначення координат близько розташованих цілей.
- завадостійкість – здатність лазерного локатора працювати в умовах природних та штучних завад.
- надійність – властивість локатора зберігати свої характеристики в визначених межах.

Схема лазерного локатора, призначеного для вимірювання чотирьох основних параметрів об'єкта (дальність, азимут, кут місця та швидкість), наведена на рис. 1.2. Конструктивно такий локатор складається з трьох блоків: передавач, приймач та індикаторний блок. Блок передачі генерує лазерне випромінювання, формує його у просторі, часі та напрямку в район об'єкту. Він складається з лазера з джерелом

збудження, модулятора добротності, скануючого пристрою, а також передавальної оптичної системи.

Приймач виконує функцію приймання випромінювання, відбитого об'єктом, перетворення його в електричний сигнал та обробка для виділення інформації про об'єкт. Складається з приймаючої оптичної системи, інтерференційного фільтру, приймача випромінювання, а також блоків вимірювання дальності, швидкості та кутових координат. Індикаторний блок служить для виведення інформації на екран.

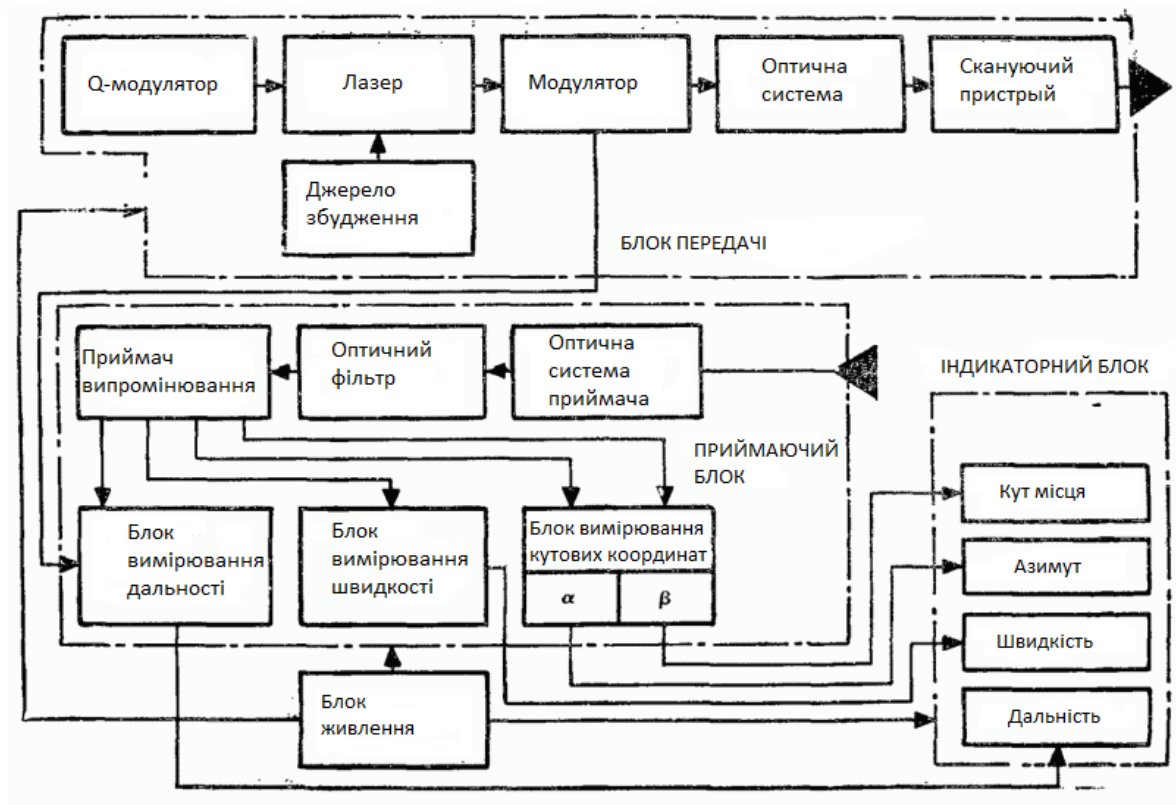


Рис. 1.2. Схема лазерного локатора [6]

Визначення відстані між далекоміром та об'єктом полягає у вимірюванні проміжку часу між скануючим сигналом та сигналом, відбитим від об'єкту. Існує три методи вимірювання дальності в залежності від характеру модуляції лазерного випромінювання, що використовується в далекомірах: імпульсний, фазовий та фазо-імпульсний. Суть імпульсного методу дальнометрування (рис.1.3.) полягає у тому, що до об'єкта посиляють зондуєчий імпульс (запускає часовий лічильник). Коли відбитий імпульс повертається до далекоміра, зупиняється лічильник. Автоматично за часовим інтервалом обчислюється відстань до об'єкта. Основні характеристики деяких типів імпульсних далекомірів наведені в табл. 1.1. З таблиці можна виділити шведський далекомір, призначений для

використання в системах керування вогнем бортової корабельної та берегової артилерії. Конструкція далекоміра відрізняється міцністю, що дозволяє використовувати його в екстремальних умовах. Далекомір можна підключати до підсилювача зображення або тепловізора за необхідності. Режим роботи Далекомір передбачає вимірювання через кожні 2 с або 4 с протягом 20 с із паузою між серією вимірювань 20 с.

У норвежського далекоміра в якості модулятора добротності стоїть оптико-механічний затвор. Приймач далекоміра виконує також функцію візира оператора. Діаметр входної оптичної системи складає 70 мм. Приймачем служить портативний фотодіод, чутливість якого максимальна при довжині хвилі 1,06 мкм. Лічильник оснащений схемою стробування за дальністю, що діє установкою оператора від 200 до 3000 м. В схемі оптичного візира перед окуляром розміщений захисний фільтр для запобігання травмуванню ока оператора лазером при прийомі відбитого імпульсу. Випромінювач та приймач змонтовані в одному корпусі. Кут розміщення цілі визначається в межах $\pm 25^\circ$. Акумулятор забезпечує 150 вимірювань дальності без підзарядки [6].

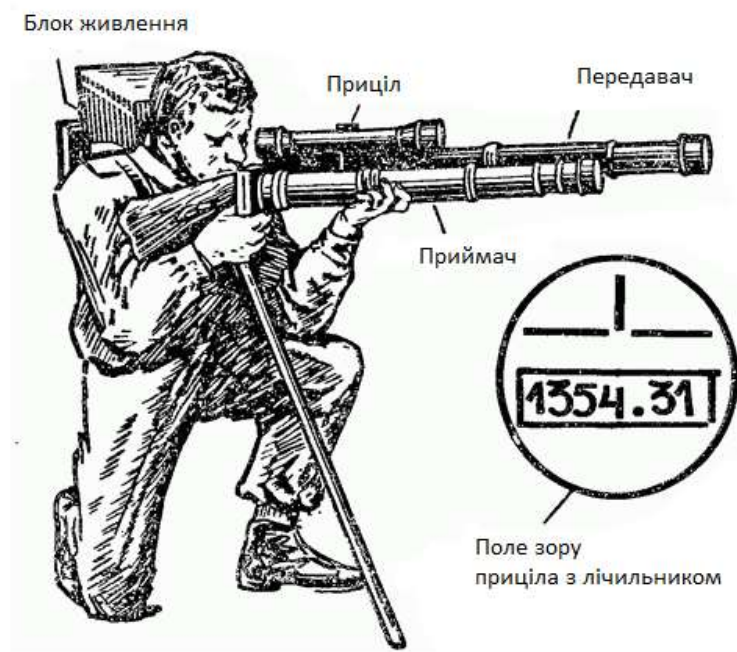


Рис. 1.3. Зовнішній вигляд імпульсного далекоміра

У фазовому методі дальнометрії лазерне випромінювання модулюється по синусоїдальному закону. При цьому інтенсивність випромінювання змінюється в значних межах. Фаза сигналу залежить від відстані до об'єкта, відбитий від об'єкта сигнал поступає на приймач також з певною фазою, яка залежить від відстані. Фазовий далекомір в польових умовах може визначити фазу з похибкою не більше ніж один градус. Якщо частота модуляції лазерного випромінювання складає 10 МГц, в такому випадку похибка вимірювання складає близько 5 см.

Таблиця 1.1 основні характеристики лазерних імпульсних далекомірів воєнного призначення [6]

Тип далекоміра	Джерело випромінювання	Потужність, МВт	Дальність та похибка вимірювання, м	Маса, кг
Далекоміри для танків				
AN/VVS-1, США	Рубін	1	4700±10	16
La-65, США	Рубін	2	6000±5	20
LF-2, Англія	Рубін	1	1000±20	29
TCV-15, Франція	Неодимове скло	4	10000±5	24
Артилерійські далекоміри				
XM-23, США	Рубін	2,5	1000±10	12,5
AN/CVS-1, США	Рубін	2	16000±10	14
LRR-101, США	Неодимове скло	...	9995±5	6,5
UAL-11105, Швеція	Неодимове скло	2	1000±8	22
TM-10, Франція	Неодимове скло	2	10000±5	44,5
LP-4, Норвегія	Неодимове скло	1	20000±5	1
Портативні далекоміри				
Далекомір-бінокль, США	Ал.-ітр. гранат	1,5	6000±10	2
Далекомір AN/GVS-S, США	Ал.-ітр. гранат	2	10000±10	2,2

Далекомір виробництва США був розроблений для танку та не відрізнявся за схемою від лазерного артилерійського далекоміра на рубіні, але крім видачі даних про дальність на цифрове табло стоїть пристрій, що забезпечує введення дальності в обчислюючий пристрій системи керування вогнем танку. Режим роботи далекоміру — 15 вимірювань за хвилину протягом однієї години при межах вимірювання дальності від 200 до 4770 м з точністю ± 10 м. У бельгійської системи керування вогнем далекомір аналогічний розглянутому та сім чутливих датчиків і оптичний приціл. Для ведення вогню по нерухомій мішені коригувальник встановлює перемикач механізму балістики в положення, що відповідає типу пострілу, і натиснути кнопку лазерного далекоміру. При веденні вогню по рухомій мішені наводчик також опускає блокуючий перемикач керування вогнем для того щоб сигнал від датчика швидкості повороту вежі при слідуванні за мішенню поступав за тахометром в обчислювальний пристрій. Лазерний далекомір, дозволяє вимірювати дальність одночасно до двох цілей. Система відрізняється швидкодією, що дозволяє проводити постріл у найкоротший час.

На рис. 1.4. приведені залежності, ймовірності ураження нерухомої мішені у випадку використання звичайного прицілу, стереодалекоміра з найпростішим лічильником, система з лазерним далекоміром. Аналіз графіків показує, що використання

системи з лазерним далекоміром забезпечує ймовірність ураження цілі близьку до розрахункової. Графіки також показують, наскільки підвищується ймовірність ураження рухомої цілі.

Ймовірність ураження нерухомих цілей при використанні лазерної системи у порівнянні з ймовірністю ураження при використанні системи з стереодалекоміром має невелику різницю на відстані до 1000 м та стає вагомою при 1500 м та більше. Видно, що ймовірність ураження рухомої цілі при використанні лазерної системи у порівнянні з ймовірністю ураження при використанні системи з стереодалекоміром вже на дистанції 1000 м підвищується більше ніж в 3,5 рази, а на 2000 м, де система зі стереодалекоміром стає практично неефективною, лазерна система забезпечує ймовірність ураження з першого пострілу близько 0,3.

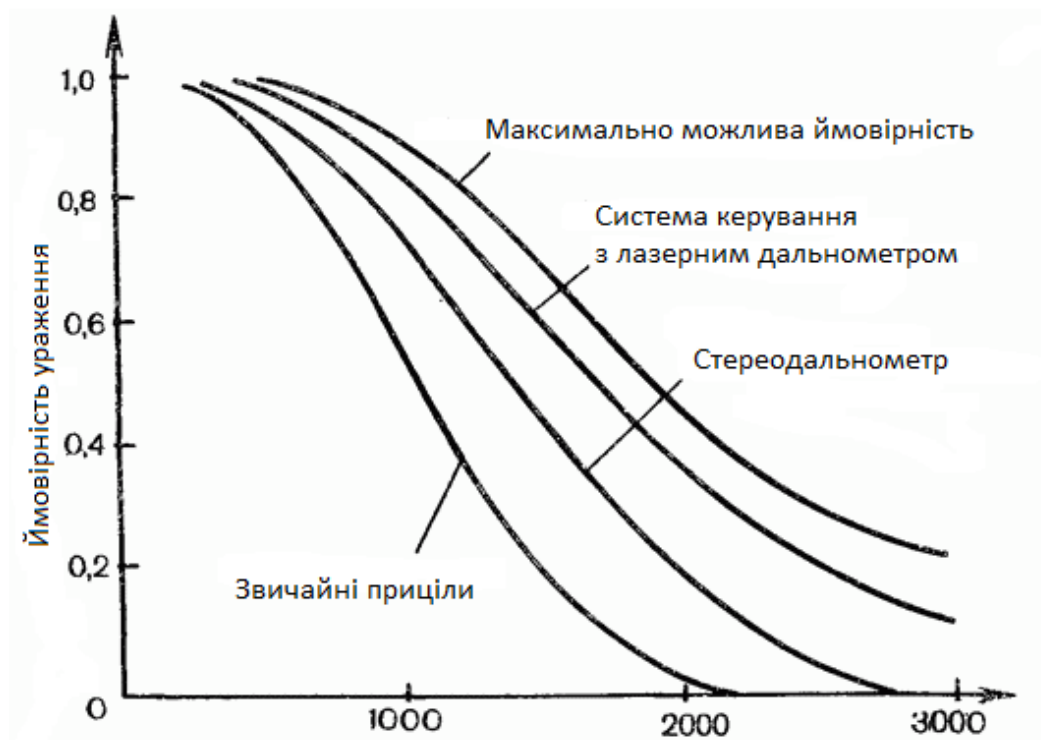


Рис.1.4. Ймовірність ураження нерухомої цілі

Лазерний пристрій на неодимовому склі працює в режимі модульованої добротності та випромінює енергію на довжині хвилі 1,06 мкм [7]. Потужність випромінювання складає 1 МВт в імпульсі при тривалості 25 нс і частоті слідування імпульсів 100 Гц. Розходження лазерного променя 10 мрад. В приймаючому пристрої використовується кремнієвий світлодіод. В каналі супроводження — решітка, що складається з чотирьох фотодіодів, за допомогою яких будується сигнал при зміщенні цілі в сторону від осі візування по азимуту та куту місця. Сигнал з кожного приймача йде на відеопідсилювач з логарифмічною характеристикою та динамічним діапазоном 60 дБ.

Мінімальний пороговий сигнал, при якому система стежить за мішенню складає $5 \cdot 10^{-8}$ Вт. Дзеркало стеження за ціллю рухається по азимуту та куту місця сервомоторами. Система дозволяє визначити місцезнаходження повітряних цілей до 19 км. Лазерні далекоміри на рубіні та неодимовому склі забезпечують вимірювання відстані до нерухомих об'єктів або об'єктів що переміщуються повільно, оскільки частота слідування імпульсів невелика. Якщо потрібно виміряти невеликі відстані, але з більшою частотою циклів вимірювань, то використовують фазові далекоміри з випромінювачами на напівпровідникових лазерах. В них в якості джерела застосовується арсенід галію. Характеристики деяких фазових далекомірів наведені в табл. 1.2. Характеристики одного з далекомірів, що випускають в США: вихідна потужність 6,5 Вт в імпульсі, тривалість 0,2 мкс, а частота слідування імпульсів 20 кГц. Розходження променю лазера складає 350x160 мрад. Приймач складається з оптичної системи, в фокальній площині якої розташована діафрагма, що звужує поле зору приймача в потрібному діапазоні. Колімація виконується короткофокусною лінзою, що розташована за діафрагмою. Робоча довжина хвилі складає 0,902. мкм, а дальність дії від 0 до 400 м.

Таблиця 1.2. Основні характеристики лазерних фазових далекомірів військового призначення [8]

Тип далекоміра	Дальність, км	Частота модуляції, МГц	Похибка, м	Час одного вимірювання, хв	Споживана потужність, МВт	Маса, кг
HP-3800 A, США	3	25	± 10	2	12	7
S-2000, Франція	2	7,5	± 10	1	10	
SM-11, Німеччина	2	15	± 10	0,5	12	14
D1-01, Франція-Швейцарія	1	15	± 10	1	10	7
D1-01, Франція-Швейцарія	1	15	± 10	1	10	4,5
MA-100, Англія	3	75	± 10	-	6,5	16
Reg Elta, Німеччина	2	15	± 10	0,5	20	18

Переваги:

- високий рівень завадостійкості;

- велика дальність виявлення (до 2 км);
- неможливість виявлення власної позиції при режимі очікування;
- постійне сканування.

Недоліки:

- випромінювальні сигнали демаскують систему;
- можливість виявлення лише при потраплянні в поле зору оптичних приладів ворога;
- обмежені можливості в умовах поганої видимості (дощ, туман, сніг).

1.2.2. Тепловізійний метод

Заснований на виявленні теплового випромінювання (ІЧ діапазон) людського тіла та теплового вихлопу вогнестрільної зброї за допомогою спеціальних приладів (рис.1.5.). Будь-який об'єкт випромінює електромагнітні хвилі в дуже широкому діапазоні частот, в тому числі хвилі в інфрачервоному спектрі. При цьому інтенсивність теплового випромінювання безпосередньо залежить від температури об'єкта та дуже мало залежить від освітленості. Тепловізор – пристрій, що дозволяє візуалізувати картину теплового випромінювання об'єкту. Принцип його дії заснований на здатності напівпровідникових матеріалів фіксування випромінювання в інфрачервоному діапазоні. За допомогою оптичного приладу, який складається з лінз, виготовлених з прозорих для інфрачервоного випромінювання матеріалів, теплове випромінювання об'єкта проектується на масив датчиків, чутливих до інфрачервоного випромінювання.

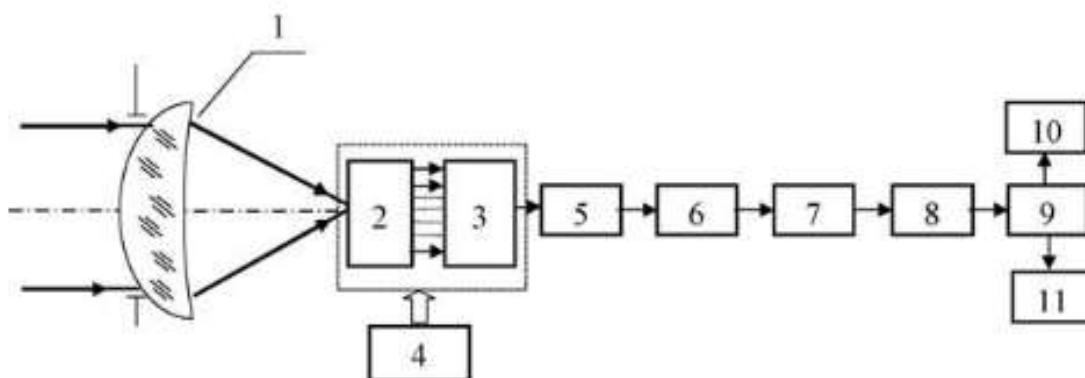


Рис.1.5. Функціональна схема тепловізора з фокальною матрицею: 1 – оптична система; 2 – фокальна матриця з підсилювачами; 3 – мультиплексор; 4 – система охолодження; 5 – коректор неоднорідності характеристик чутливих елементів; 6 – аналого-цифровий перетворювач; 7 – цифровий коректор неоднорідності; 8 – коректор непрацюючих комірок; 9 – формувач зображення; 10 – дисплей; 11 – цифровий вихід [9]

МК зчитує інформацію з датчиків та генерує відеосигнал, де певній температурі відповідає певний колір об'єкта за яким ведеться спостереження. Сучасні тепловізори також оснащуються пристроями пам'яті для запису отриманого зображення, за рахунок чого можна здійснювати аналіз отриманого ІЧ рельєфу. На сьогоднішній день тепловізори розрізняють температуру з точністю 0,05-0,1 К.

Технічні характеристики тепловізора:

- тип матриці;
- фокусна відстань;
- чутливість матриці;
- температурний діапазон роботи.

Перевагою тепловізійного методу є пасивний режим виявлення (прилад не випромінює нічого). Недоліки: тепловізор легко надурити, встановивши хибні цілі за допомогою теплового маскування; обмежене використання в умовах поганої видимості (дощ, туман, сніг); при використанні противником засобів гашення полум'я від пострілів зменшуються можливості тепловізійного приладу (рис.1.6) [10].

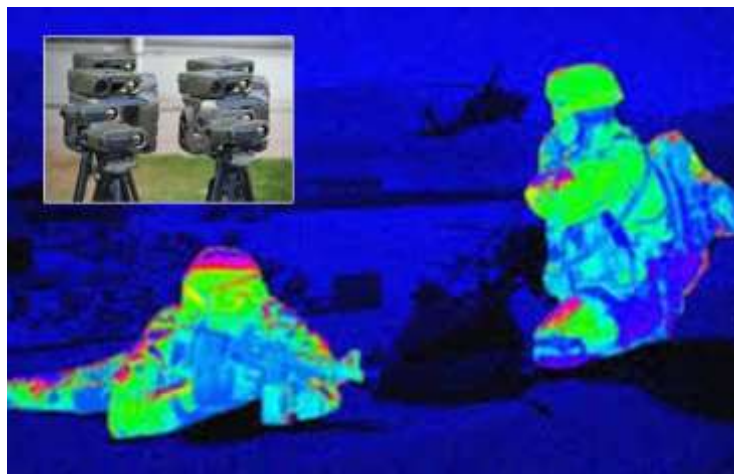


Рисунок 1.6. – Виявлення вогневої позиції за допомогою тепловізора [11]

1.2.3. Звукометричний метод

Пеленгація звука пострілу за допомогою кількох мікрофонів та обчислення положення снайпера по запізненню звукової хвилі (рис.1.7.).

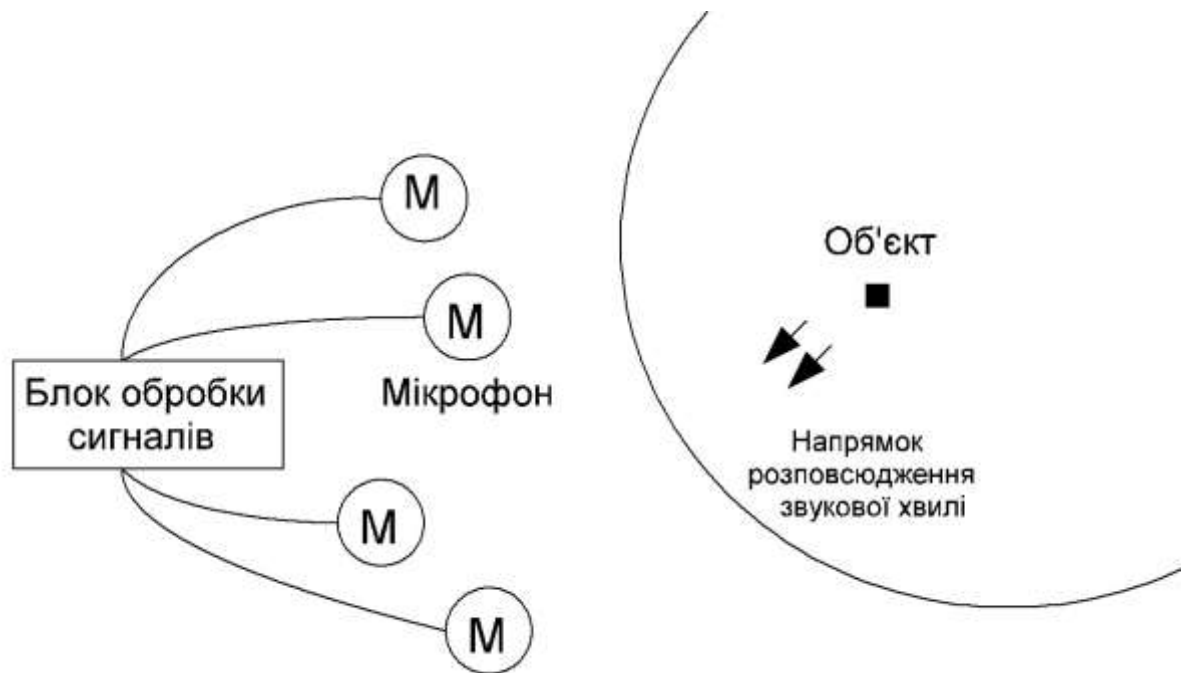


Рисунок 1.7. – Принцип роботи звукометричної установки [12]

Суть методу пеленгу полягає в тому, що вимірюють температуру повітря, розраховують швидкість розповсюдження акустичного сигналу за відсутності вітру, вимірюють швидкість та дирекційний кут вітру в приземному шарі атмосфери, вибирають рівну місцевість шириною близько двісті метрів, встановлюють від приблизного центру цієї площадки на лінії, перпендикулярній двом сторонам цього квадрату та направлених на приблизний центр району особливої уваги. Далі вимірюють дирекційний кут напрямку з цієї точки на приблизний центр, обчислюється різниця між дирекційним кутом вітру та вказаного напрямку, розраховується швидкість звуку з урахуванням впливу вітру. Розраховується довжина звукової хвилі, будуються графіки нормованих характеристик направленості лінійних груп звукоприймачів при різних відношеннях відстаней між робочими осями характеристик направленості звукоприймачів, знаходять за цими графіками оптимальну характеристику направленості лінійних груп звукоприймачів [13].

Переваги:

- пасивний режим виявлення (нічого не випромінює);
- автоматичне цілодобове виявлення;
- круговий сектор виявлення.

Недоліки:

- виявлення лише після пострілу;
- низька завадостійкість

- обмежені можливості в умовах застосування противником засобів маскування пострілу (використання глушників, створення звукових завад або перевідбивання звукової хвилі);
- відносно невелика дальність.

1.3. Наявні на ринку електронні системи контрснайперської боротьби

1.3.1. Комплекс з виявлення оптики від компанії «Транскрипт»

Компанія «Транскрипт» з метою своєчасного та превентивного виявлення снайпера створено лазерний комплекс по виявленню оптики. Комплекс включає в себе апаратну стійку та поворотний блок з телекамерою та лазерним випромінювачем, які працюють в інфрачервоному діапазоні, а також монітор з пультом керування. Кут поля зору камери становить 150° по вертикалі та по горизонталі. Камера дистанційно може повертатися на 180° вправо-вліво, що забезпечує круговий обзор. Для зменшення завад стоять фільтри. Інформація про напрям на оптичний прилад, його відстані відображається на пульті у вигляді точок [2].

Система дозволяє виявити в зоні дії всі оптичні прилади, направлені об'єктивом в її сторону. Причому вона також виявляє оптичні прилади, розташовані за склом (віконним або автомобільним) та відмічає їх положення на комп'ютерній карті місцевості.

Дальність надійного виявлення доволі незначна. На відстані близько 100 метрів на моніторі чітко видно блики від оптики. В залежності від площі та характеру відбивання вони розрізнялись яскравістю та розміром. Чіткіше за все ідентифікуються біноклі – по характерному подвійному блику. Відстань до оптичного приладу визначається доволі точно.

При відсутності автоматичного визначення типу виявленого оптичного приладу дані, отримані від системи, виявляться цінними перш за все в місцях, де поява будь-яких оптичних приладів, направлених на об'єкт, що охороняється, інтерпретується як небезпека – з подальшою перевіркою і – при необхідності – знищенням.

Основна концепція пристрою та головна перевага заключається в превентивному виявленні снайпера до того як він вистрелить і прийнятті своєчасних відповідних заходів.

Недоліками даної системи є те, що дію системи можна знешкодити використовуючи аерозолі, зниженням відбиваючої здатності оптики шляхом нанесення антивідблискових покриттів, створення хибних лазерних «зайчиків».

1.3.2. Система визначення точки пострілу «Trilon Technology»

Trilon Technology зараз проводить випробування перспективної системи визначення точки пострілу, що дозволяє вирішити не тільки часткову проблему визначення місцезнаходження снайпера, але й більш широку – несанкціоноване застосування вогнепальної зброї в міських умовах тобто моніторингу конкретної території [2].

Як показує аналіз численних випадків застосування вогнепальної зброї злочинцями в міських умовах, одна з важливих складових затримання правопорушника – оперативне визначення (локалізація) місця злочину. Знаючи точні координати місця порушення закону, можна вжити заходів з негайного затримання злочинця, буквально по гарячим слідам або попередити шляхи можливої втечі.

Для вирішення цієї задачі назначена система визначення точки пострілу, розроблена компанією Trilon Technology. Принцип дії цієї системи заснований на порівнянні і обробці акустичних сигналів, що поступають від джерела звуку на спеціальні датчики. Раніше цей принцип застосовувався при розробці обладнання мішеней.

Система автоматичного визначення точки пострілу складається з центрального комп'ютера SPARC компанії Sun Microsystems, обладнаного відповідним програмним забезпеченням, плати збору даних і восьми акустичних датчиків. Акустичні датчики розміщуються по периметру території, яка контролюється у важкодоступних місцях з метою передбачення виходу їх з ладу. В міських умовах типовою територією є житловий квартал, і у цьому випадку датчики монтуються на дахах. Сигнали з акустичних датчиків по телефонному каналу через плату збору даних поступають в комп'ютер, де відбувається їх подальша обробка.

Комп'ютер виділяє із загального числа сигналів той, який найбільш відповідає звуку пострілу з вогнестрельної зброї і локалізує місце знаходження стрільця і ймовірно напрямок пострілу. В подальшому координати стрільця виводяться на карту міста в поліцейському відділку. Час визначення місцезнаходження злочинця складає близько 20 секунд, що дозволяє диспетчеру оперативно направити на місце пригоди найближчу патрульну машину (рис.1.8.).

Випробування даної системи проводились в два етапи. Метою проведення першого етапу являлось попереднє тестування роботоздатності всієї системи в цілому. Встановлювалось також і практичне значення точності, з якою система визначала точку, де відбувся несанкціонований постріл. За результатами випробування ця величина склала близько 15 метрів.



Рис. 1.8 Встановлений на гвинті 5,56x45 мм НК33 датчик системи захисту (датчик конічної форми розміщений на передній стінці «чорного ящика»)

На другому етапі випробувань оцінювалась ефективність застосування систем в реальних умовах. За результатами цього етапу зроблено висновок про можливість широкого застосування системи у великому масштабі.

1.3.3. Система виявлення оптичних об'єктів "МИФ-350"

Пристрій призначений для цілодобового спостереження оточуючого простору в умовах світлових завад, великого рівня світлового фону. Пристрій дозволяє виявляти оптичні прилади спостереження та націлення і визначати відстань до них (рис.1.9.).



Рис. 1.9. Система виявлення оптичних об'єктів МИФ-350

Умови експлуатації:

- температура -10 °C до +40 °C;
- атмосферний тиск 720 – 800 мм рт. ст.;
- відносна вологість при температурі +30 °C не більше 90 %.

Технічні характеристики:

1. Зона підсвічування:
 - кут підсвічування в центрі поля зору 5°
 - глибина 15 м
2. Відстань до об'єктів в зоні підсвічування 0...400 м
3. Минимальное расстояние видения 0,5 м
4. Напряжения живлення 9-36 В
5. Ємність АКБ 2 А•ч
6. Струм споживання:
 - при живленні від АБ max 600 мА
 - при живленні від мережі max 70 мА
7. Час неперервної роботи від АКБ 3 год.
8. Масса 1,1 кг
9. Габаритні розміри, мм 175x100x75 [15].

1.3.4. "Призрак–М" (ТЛС2000)

Прилад «ТЛС 2000» призначений для цілодобового дослідження оточуючого простору, виявлення оптичних приладів, що ведуть зустрічне спостереження, визначення дальності до об'єктів в складних погодних умовах та при обмеженій видимості.

Додаткові можливості:

- робота від зовнішніх джерел живлення;
- використання ПК для керування приладом та виведення зображення;
- визначення координат виявлених об'єктів.
- возможность установки на штатив или поворотное устройство.

Технічні характеристики:

- кути поля зору 5,5° x 4,1°;
- глибина зони виявлення:
 - миттєва, 10, 20, 40, 400 м;
 - повна овід 10 до 2400 м;
- дальність виявлення об'єктів при освітленості до 1000 лк:

- фігури людини: до 400 м;
- вантажного автомобіля: до 800 м;
- робоча температура середовища від -15°C до $+45^{\circ}\text{C}$;
- вологість середовища при температурі $+30^{\circ}\text{C}$: до 90%;
- споживана потужність до 10 Вт;
- маса приладу 1,8 кг;
- габаритні розміри: 235 x 145 x 70 мм [16].

1.3.5. Лазерний детектор SLD 500 CILAS

Для точного виявлення снайперської оптики на місці використовуються промислові лазери, такі як детектори Glint, SLD 500 від фірми CILAS (рис. 1.10). Лазерний промінь наводиться у напрямку положення снайпера та при контакті з об'єктивом телескопічного прицілу або другого оптичного приладу противника формується енергія зворотнього розсіювання, що і визначає місцеположення снайпера. Такі системи дозволяють точно та швидко визначити загрозу та ідентифікувати її за допомогою цифрової камери з високою роздільною здатністю [17].



Рис.1.10 Детектор SLD 500 від фірми CILAS

Технологія заснована на ефекті «кошачого ока», тобто відбивання світла від сітчатки ока. Систему застосовують для охорони високопоставлених людей під час публічних виступів, наприклад, модулі можуть бути встановлені вздовж стадіону, площі. У випадку появи снайпера в радіусі дії системи, його позиція визначається миттєво.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

У сучасному світі в умовах ведення боїв снайпер повинен забезпечуватися найпередовішим обладнанням для снайпінгу, виявлення вогневої позиції ворожих снайперів.

Дуже важливе значення має не тільки знешкодження ворожих снайперів, але виживання в умовах снайперської війни. Контрснайперська боротьба – це превентивні заходи протистояння ворогу при виконанні снайпером бойового завдання для відвертання уваги та для збільшення шансів успішного проведення операції.

Сучасні методи виявлення ворожих снайперів повністю автоматизовані. Найпоширеніший метод контрснайперської тріангуляції, який дозволяє за схемою «кляцання-удар» визначити місцезнаходження снайпера.

Для виявлення снайперських позицій використовують лазерні локатори, тепловізійні та звукометричні системи. Головними перевагами лазерного локатора є високий рівень завадостійкості та велика дальність виявлення. Недоліки: демаскування системи при роботі, обмежені можливості при поганій видимості.

Перевагою тепловізійного методу є пасивний режим виявлення. Недоліки: фіксує теплове випромінювання, можливе розпізнавання зайвих об'єктів; обмежене використання в умовах поганої видимості; використання противником засобів гашення полум'я.

Перевагами звукометричного методу є: пасивний режим виявлення, круговий сектор виявлення. До недоліків відносяться низька завадостійкість, обмежені можливості в умовах застосування противником засобів маскування пострілу, виявлення лише після пострілу.

Проаналізувавши наявні технічні реалізації виявлення снайперської позиції, можна сказати, що для введення в оману цих систем необхідно створити прилад, який прикриває свого снайпера на полі бою та імітує:

- звук пострілу;
- спалах пострілу;
- відблиск від оптичного прицілу;
- імітувати теплове випромінювання стрілка.

Передачі команд на приймач здійснюються антеною з вузькою діаграмою направленості одноразовими імпульсами для забезпечення радіоприхованості.

РОЗДІЛ II. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

2.1. Постановка технічного завдання

Електронна система імітації вогневої позиції снайпера для контрснайперської боротьби повинна відволікати прилади з виявлення справжньої позиції снайпера та складатися з двох підсистем: передавач та приймач.

До складу передавача входить:

1. Мікропроцесорний блок, що містить елементи керування дистанційним пострілом, запуску детонаторів, обертання дзеркала, світлодіоду імітації пострілу
2. Вузьконаправлену антену;
3. Елемент живлення.

До складу приймача входить:

1. Мікропроцесорний блок, що містить:
2. Сервопривід для обертання дзеркала;
3. Сервопривід для обертання голови;
4. Блок імітації пострілу;
5. Світлодіодний модуль;
6. Елемент живлення.

Параметри системи:

- напруга живлення: +12 В;
- резонансна частота антени: 2,4 ГГц;
- коефіцієнт підсилення антени: 10 дБі;
- дальність антени: до 700 м;
- активний опір $R=75\text{ Ом}$.
- тактова частота МК: 1 МГц

2.2. Розробка структурної системи

У якості мікропроцесора обрано мікроконтролер сімейства AVR ATmega 8535, що має достатній функціонал та доступність. Напруга живлення: 5 В, тактова частота 1 МГц. Джерело живлення для передавача – акумулятор 12 В ємністю 2,8 А/год. Передача даних здійснюється за допомогою модуля антени NRF24L01plus.

У якості мікропроцесора обрано мікроконтролер сімейства AVR ATmega 48. Напруга живлення: 5 В, тактова частота 1 МГц. Джерело живлення для приймача – акумулятор 12 В ємністю 2,8 А/год. Прийом даних здійснюється за допомогою модуля антени NRF24L01plus. Приймач знаходитиметься безпосередньо на передовій, отже корпус передавача має зовні імітувати снайперську гвинтівку. Для захисту від деформацій він має бути виконаний з міцних матеріалів. Структурна схема електронної системи імітації вогневої позиції снайпера представлена на рис.2.1.



Рис. 2.1. Структурна схема електронної системи імітації вогневої позиції снайпера

2.3. Розробка принципової схеми системи

Для живлення мікроконтролера ATmega48 та модуля антени необхідно розрахувати понижуючий DC/DC конвертер на мікросхемі MC34063. Типова схема понижуючого конвертера представлена на рис. 2.2.

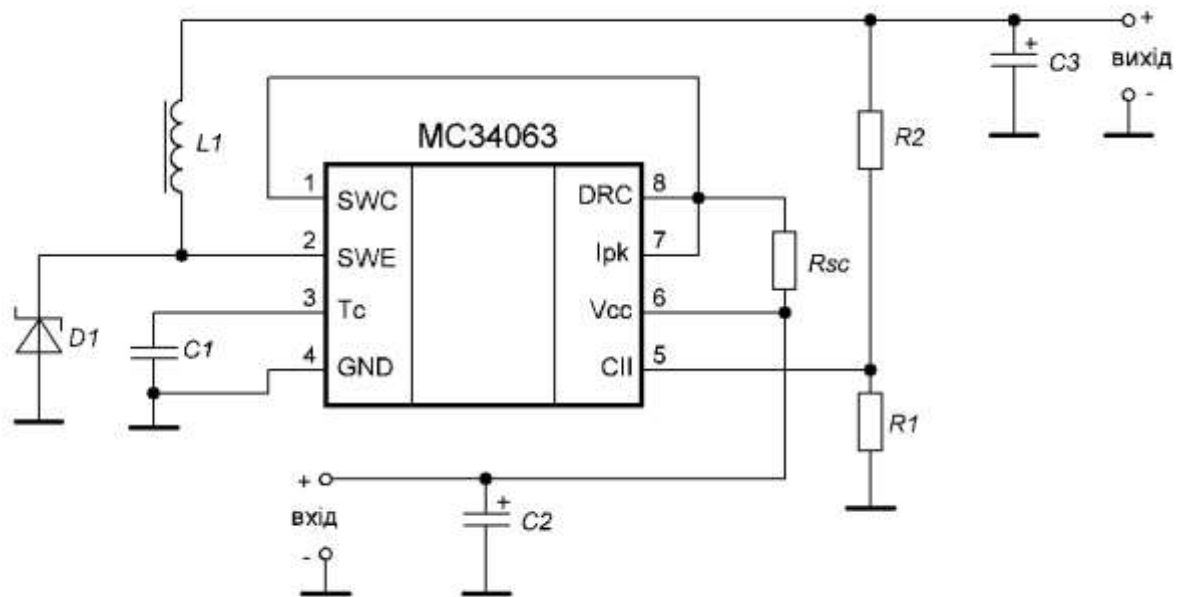


Рис.2.2. Схема понижуючого імпульсного перетворювача:

SWC (switch collector) – колектор вихідного транзистора; SWE (switch emitter) – емітер вихідного транзистора; Tc – (timing capacitor) – вхід для підключення часозадаючого конденсатора; GND – земля; CII (comparator inverting input) – інвертуючий вхід компаратора; Vcc – живлення; Lpk – вхід схеми обмеження максимального струму; DRC (driver collector) – колектор драйверу вихідного транзистора

Спочатку обираємо номінальну вхідну та вихідну напруги та максимальний вихідний струм: $V_{in}=12\text{ В}$, $V_{out}=5\text{ В}$, $I_{out}=0,05\text{ А}$.

Далі обираємо мінімальну вхідну напругу $V_{in\ min}=10\text{ В}$, та мінімальну робочу частоту при обраних V_{in} , I_{out} : $f_{min}=60\text{ кГц}$.

За формулою (2.1):

$$(t_{on} + t_{off})_{max} = \frac{1}{f_{min}} \quad (2.1)$$

розраховуємо відношення $(t_{on} + t_{off})_{max}$, де $t_{on\ max}$ - час коли транзистор відкритий, $t_{off\ max}$ - час коли транзистор закритий.

$$(t_{on} + t_{off})_{max} = \frac{1}{60 * 10^3} = 16,7\text{ мкс}$$

За формулою (2.2) розраховуємо відношення $\frac{t_{on}}{t_{off}}$:

$$\frac{t_{on}}{t_{off}} = \frac{V_{out} + V_F}{V_{in\ min} - V_{sat} - V_{out}} \quad (2.2)$$

де V_F – падіння напруги на вихідному фільтрі, V_{sat} – падіння напруги на вихідному транзисторі.

$$\frac{t_{on}}{t_{off}} = \frac{5 + 0}{10 - 1,2 - 5} = 1,3158$$

Складаємо систему рівнянь (2.3):

$$\left\{ \begin{array}{l} (t_{on} + t_{off})_{max} = 16,7 * 10^{-6}, \\ \frac{t_{on}}{t_{off}} = 1,3158; \end{array} \right. \quad (2.3)$$

Розв'язавши систему рівнянь (2.3) отримуємо: $t_{on}=9,5$ мкс.

Розраховуємо конденсатор C_1 – часозадаючий конденсатор, що визначає частоту перетворення (2.4).

$$\begin{aligned} C_1 &= 4,5 * 10^{-5} * t_{on(max)} \\ C_1 &= 4,5 * 10^{-5} * 9,5 * 10^{-6} = 426 \text{ пФ} \end{aligned} \quad (2.4)$$

Піковий струм через транзистор розраховуємо за формулою (2.5):

$$\begin{aligned} I_{PK} &= 2 * I_{out} \\ I_{PK} &= 2 * 0,05 = 0,1 \text{ A} \end{aligned} \quad (2.5)$$

Розраховуємо резистор R_{SC} , який потрібен для обмеження струму (2.6):

$$\begin{aligned} R_{SC} &= \frac{0,3}{I_{PK(switch)}} \\ R_{SC} &= \frac{0,3}{0,1} = 3 \text{ Ом.} \end{aligned} \quad (2.6)$$

Конденсатор C_2 являється вихідними фільтром, ємність якого визначає пульсації вихідної напруги (2.7):

$$C_2 = \frac{I_{PK} * (t_{on} + t_{off})_{max}}{8V_{ripple(p-p)}} \quad (2.7)$$

$$C_2 = \frac{0,1 * 16,7 * 10^{-6}}{8 * 50 * 10^{-3}} = 4,1 \text{ мкФ}$$

де $V_{ripple(p-p)}$ максимальна величина пульсацій $V_{ripple(p-p)} = 50 \text{ мВ}$

Розраховуємо мінімальну індуктивність дроселя (2.8):

$$L_1 = \frac{t_{on(max)} * (V_{in(min)} - V_{sat} - V_{out})}{I_{PK(switch)}} \quad (2.8)$$

$$L_1 = \frac{9,5 * 10^{-6} (10 - 1,2 - 5)}{0,1} = 360 * 10^{-6} \text{ (Гн)}$$

Опори подільника напруги розраховуються з формули (2.9):

$$V_{out} = 1,25 * \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \quad (2.9)$$

Виберемо $R_2=4,7 \text{ кОм}$, тоді $R_1=540 \text{ Ом}$. Ємність C_3 виберемо 100 мкф . VD1 – 1N5819.

Отже, номінали елементів понижуючого DC/DC конвертера:

$R_{SC}=3 \text{ Ом}$.

$R_1=540 \text{ Ом}$.

$R_2=4,7 \text{ кОм}$.

$C_1=470 \text{ пФ}$.

$C_2=4,7 \text{ мкФ}$.

$C_3=100 \text{ мкф}$.

$L_1=360 \text{ мкГн}$.

Для захисту від переполюсування на вході діодний міст з SK24.

Електродетонатори підпалюються подачею імпульсу на контакти реле, які керуються мікросхемою ULN2003. Для імітації теплового випромінювання використана лампа розжарювання на 12 В, яка підключена через польовий резистор. Для підтримання температури в діапазоні випромінювання людського тіла підключено цифровий датчик

температури DS18B20. До МК підключені сервомотори для повертання голови та дзеркала. Принципова схема приймача представлена на рис.2.3.

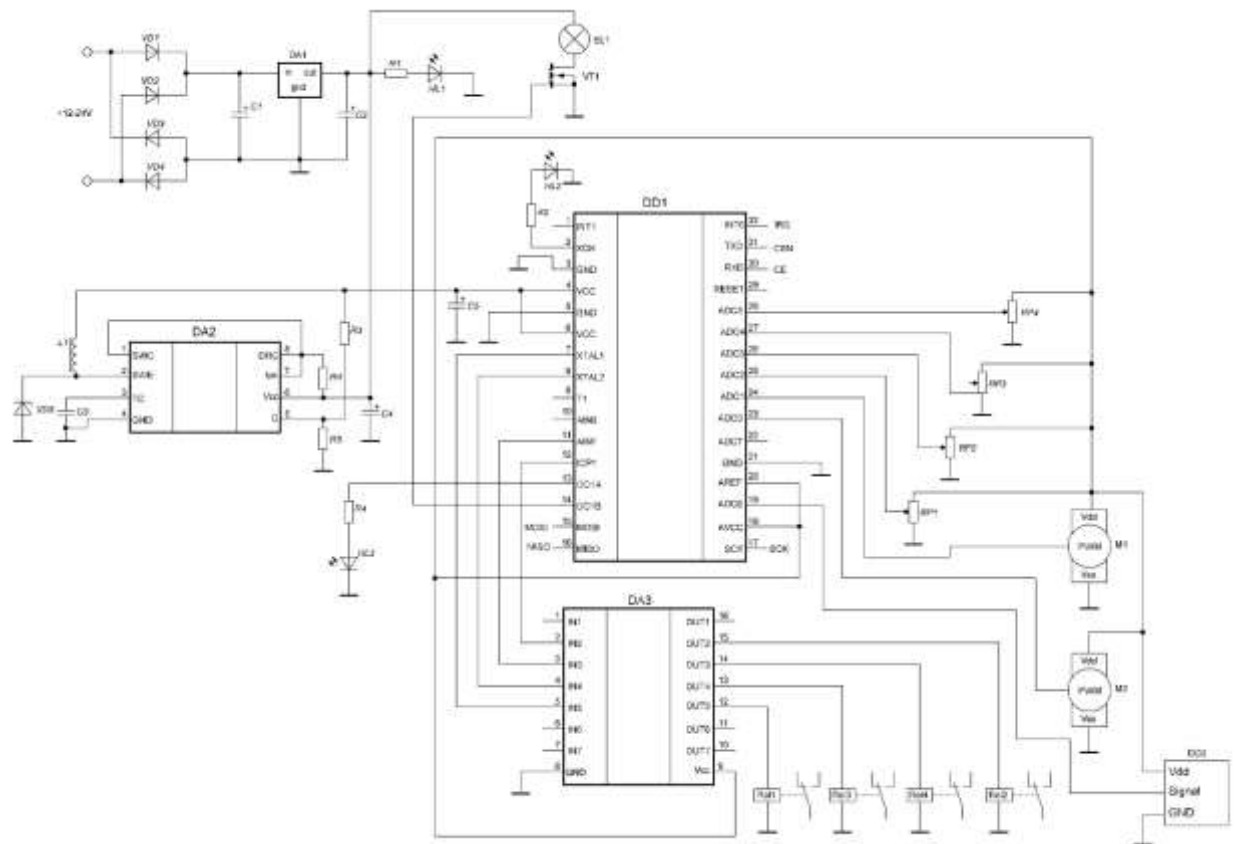


Рис.2.3. Принципова схема приймача

Для живлення мікроконтролера передавача ATmega 8535 використовуємо той же понижуючий імпульсний DC/DC конвертер. Для захисту від переполюсовки на вході діодний міст з SK24. Керування відбувається за допомогою кнопок S1-S7 Принципова схема передавача представлена на рис.2.4.

У: MSRAM - C:\ProgramData\Ansys\ansys\Qcad-2400\3\name

Файл Правка Сервис Полноэкр.

Генератор Вид Выходящие Диаграммы направленности

Имя Antenna 2.4GHz

F 2445.000 MHz ☐ В ламбдах

Wire 154

Автосегментация: DM1 401 - DM2 20 - SC 2.0 EC 2 ☐ Не разрывать

No.	X1(m)	Y1(m)	Z1(m)	X2(m)	Y2(m)	Z2(m)	R(mm)	Seg.
1	0.0153	0.0	0.0008	0.0153	-0.02166	0.02136	1.25	0
2	0.0153	-0.02166	0.02136	0.0153	-0.044	0.0	1.25	0
3	0.0153	-0.044	0.0	0.0153	-0.02166	-0.02134	1.25	0
4	0.0153	-0.02166	-0.02134	0.0153	0.0	-0.0008	1.25	0
5	0.0153	0.0	-0.0008	0.0153	0.0	0.0008	1.0	0
6	0.0153	0.0	0.0008	0.0153	0.02066	0.02236	1.25	0
7	0.0153	0.02066	0.02236	0.0153	0.042	0.0	1.25	0
8	0.0153	0.042	0.0	0.0153	0.02066	-0.02235	1.25	0
9	0.0153	0.02066	-0.02235	0.0153	0.0	-0.0008	1.25	0
10	0.0	-0.05233	-0.06596	0.0	-0.05233	-0.04347	1.0	0

Source 1 ☐ Одинаковые источники

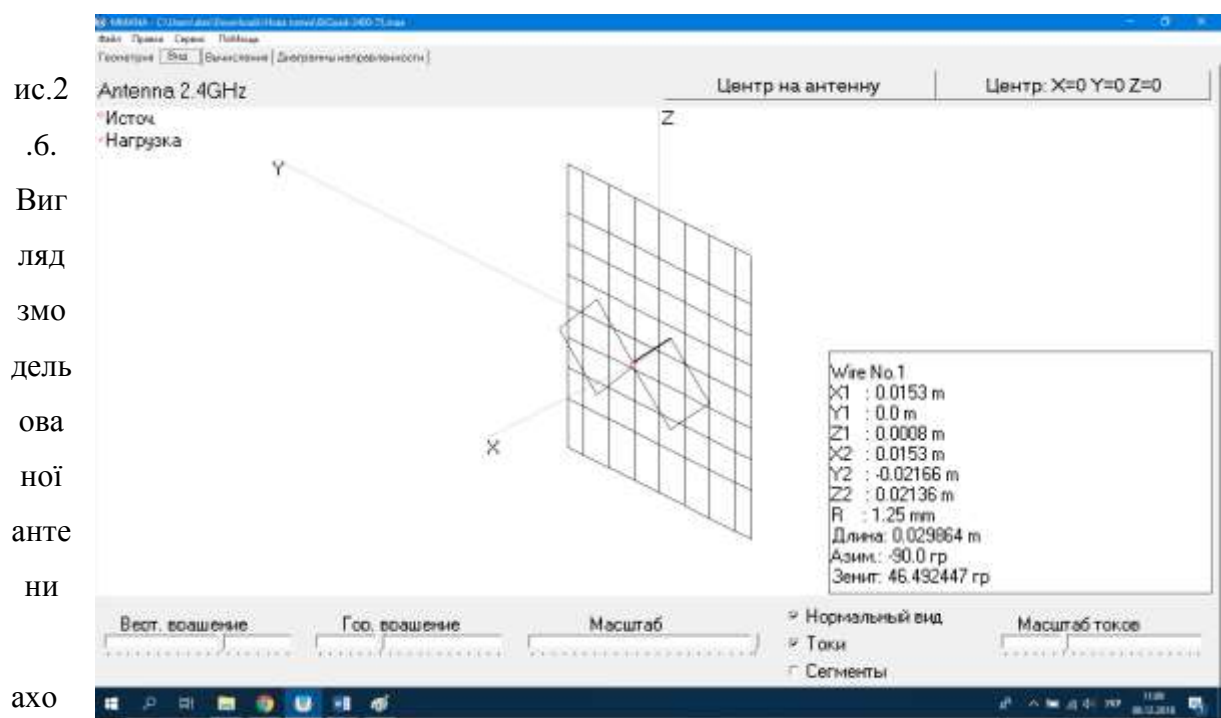
Load 0 ☒ Включить нагрузку(и)

No.	PULSE	Фаза(гр)	Напр(V)
1	w5c	0.0	1.0
След			

No.	PULSE	Тип	L(μH)	C(pF)	Q	f(MHz)
След						

Рис.2.5. Опис геометрії антени

Переходимо в закладку «Вигляд», де представлено зовнішній вигляд антени у тривимірному просторі (рис.2.6.)



димом у вкладку «Обчислення» та натискаємо «Пуск» для розрахунку параметрів антени (рис.2.7.)

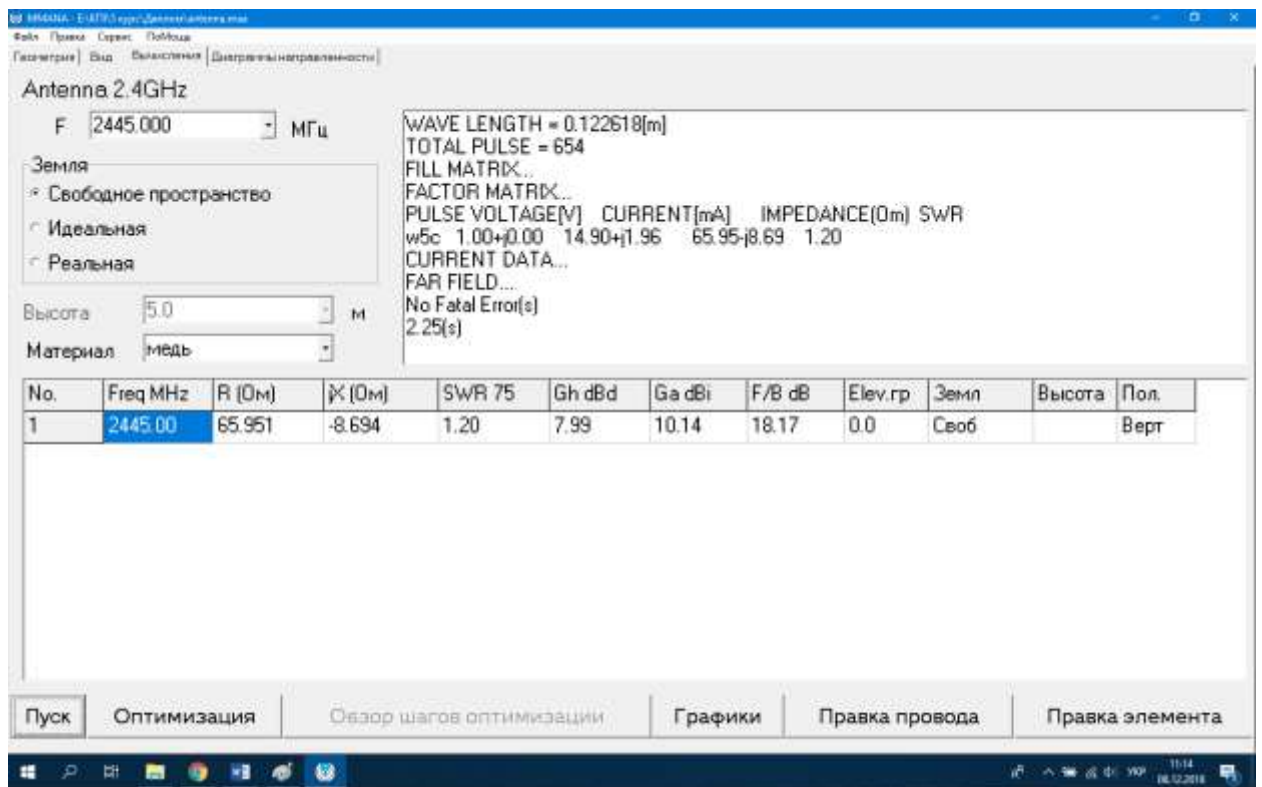


Рис.2.7. Обчислення параметрів антени

Щоб перевірити на резонансну частоту антени заходимо у вкладку «Графіки» (рис.2.8.) та запускаємо обчислення всієї сітки та переходимо у вкладку «Z» (рис.2.9.).

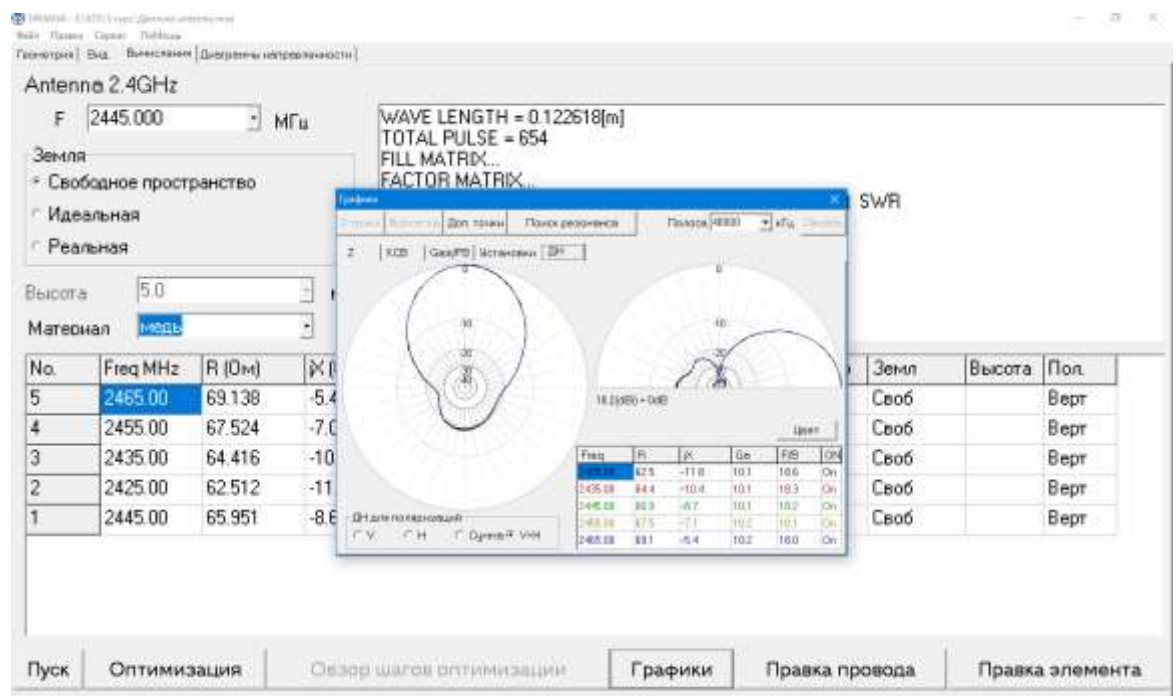


Рис.2.8. Обчислення сітки діаграми направленості антени

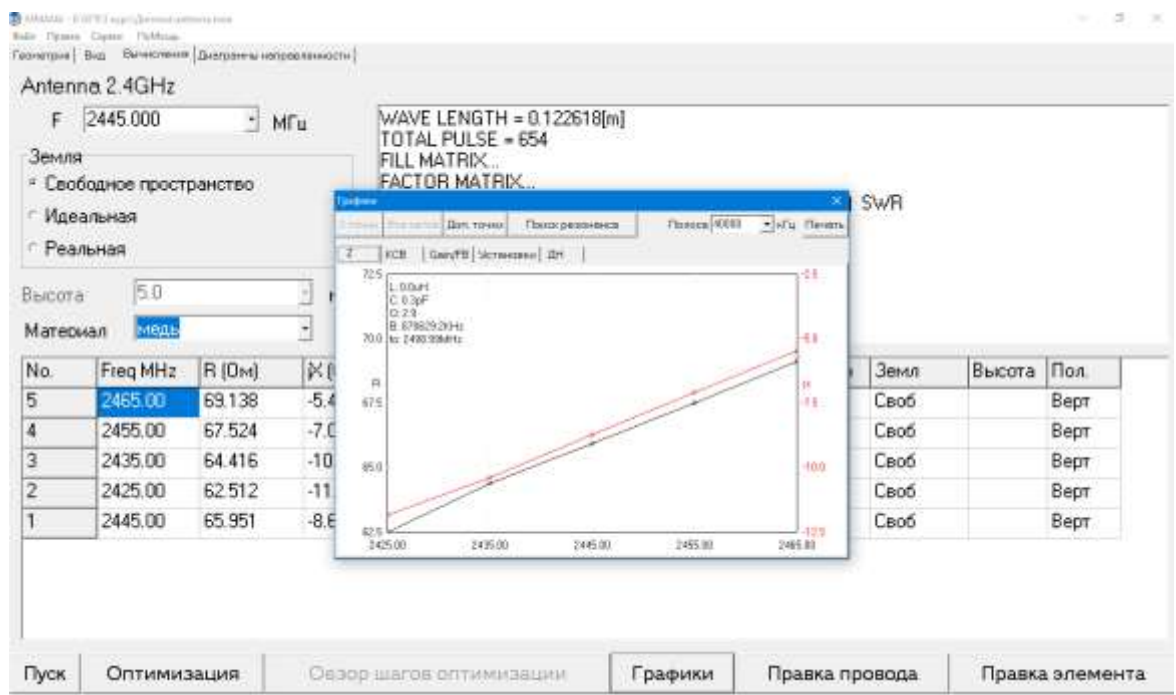


Рис.2.9. Графік резонансної частоти антени

Як видно з графіка резонансна частота антени $F=2498$ МГц, а нам потрібно 2445 МГц. Для зміни резонансної частоти скористаємося вкладкою «Оптимізація». Після оптимізації резонансна частота $F=2445,79$ МГц (рис.2.10).

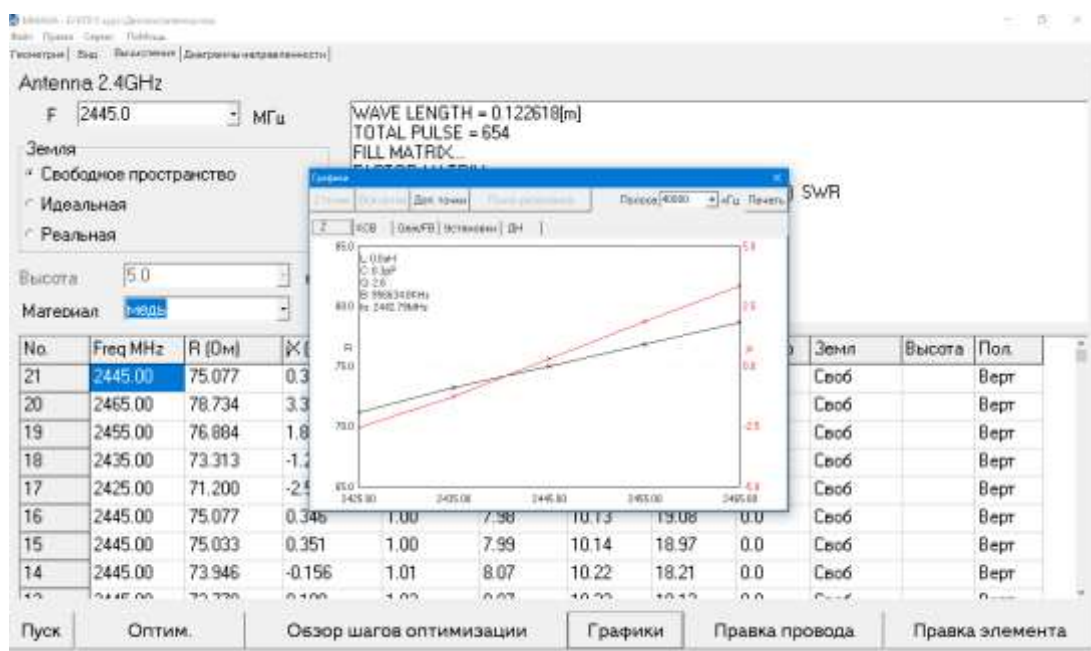


Рис.2.10. Графік резонансної частоти антени після оптимізації

Параметри антени після оптимізації:

$F=2443$ МГц – резонансна частота;

$R=75$ Ом – активна складова вхідного опору;

$jX=0,346$ Ом – реактивна складова вхідного опору;

$K_{CX}=1$ – коефіцієнт стоячої хвилі;;

$G_h=7,98$ дБд – підсилення відносно напівхвильового диполю;

$G_a=10,13$ дБі – підсилення до ізотропного випромінювача;

$F/B=19,08$ дБ – відношення рівнів випромінювання вперед/назад.

Діаграма направленості антени представлена на рис.2.11.

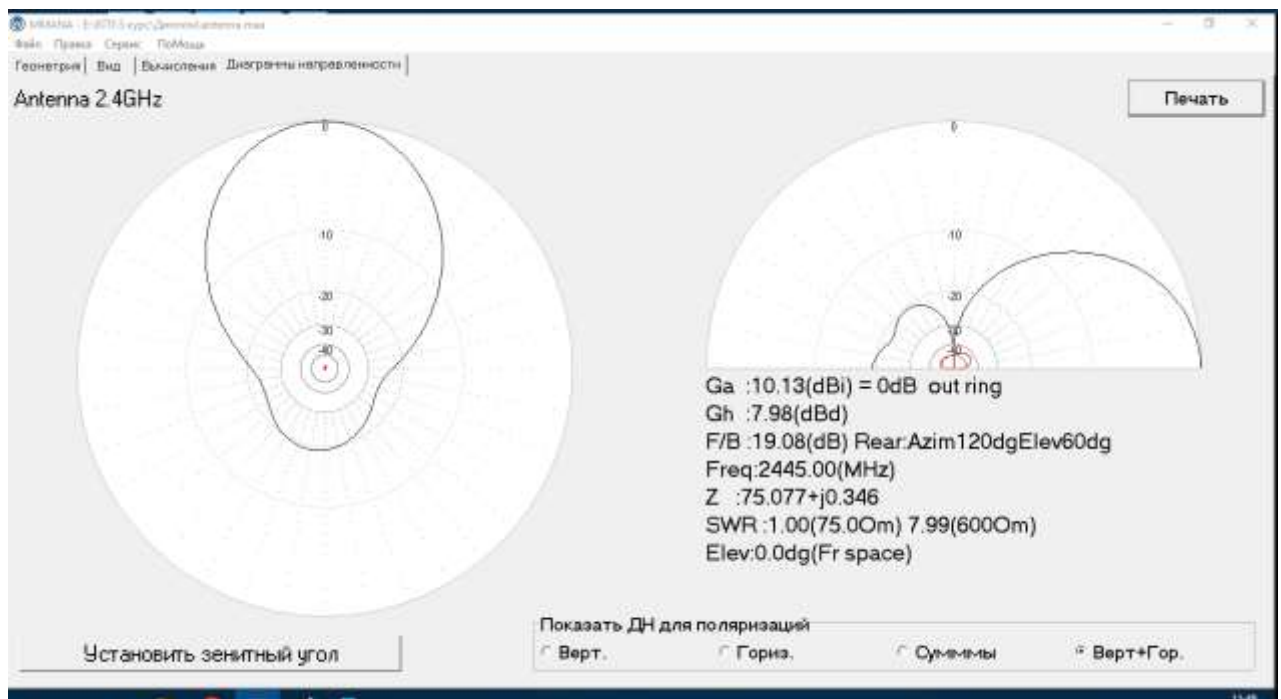


Рис.2.11. Діаграма направленості антени

2.4. ATmega 48

ATmega48 – 8 бітний КМОН мікроконтролер з низьким споживанням струму та AVR RISC архітектурою (рис.2.12.). Продуктивність МК досягає 1 MIPS при частоті задаючого генератора 1 МГц. AVR ядро об'єднує систему команд і 32 робочих регістра загального призначення. Всі 32 регістри безпосередньо пов'язані з арифметико-логічним пристроєм (АЛП).

Характеристики ATMega48:

- 4 Кб внутрішньосистемної програмованої Flash пам'яті;
- 256 байтна EEPROM пам'ять даних;

- 512 байтна SRAM (статична ОЗУ);
- 23 лінії введення - виведення загального застосування;
- послідовний програмований USART,
- 6 каналний АЦП;

У Power-down режимі вміст регістрів зберігається, але зупиняється задаючий генератор і відключаються всі внутрішні функції МК доки не відбувається переривання або апаратне скидання. У режимі Power-save асинхронні таймери продовжують працювати, дозволяючи відраховувати часові проміжки. У режимі ADC Noise Reduction зупиняється ядро і всі модулі введення-виведення, за винятком асинхронного таймера і самого АЦП. В Standby режимі задаючий генератор працює, коли інша частина приладу не діє.

МК виготовлений по високощільній енергонезалежній технології виробництва пам'яті компанії Atmel. Вбудована ISP Flash дозволяє перепрограмовувати пам'ять в системі через послідовний SPI інтерфейс програмою-завантажувачем, що виконується в AVR ядрі (рис.2.13.).

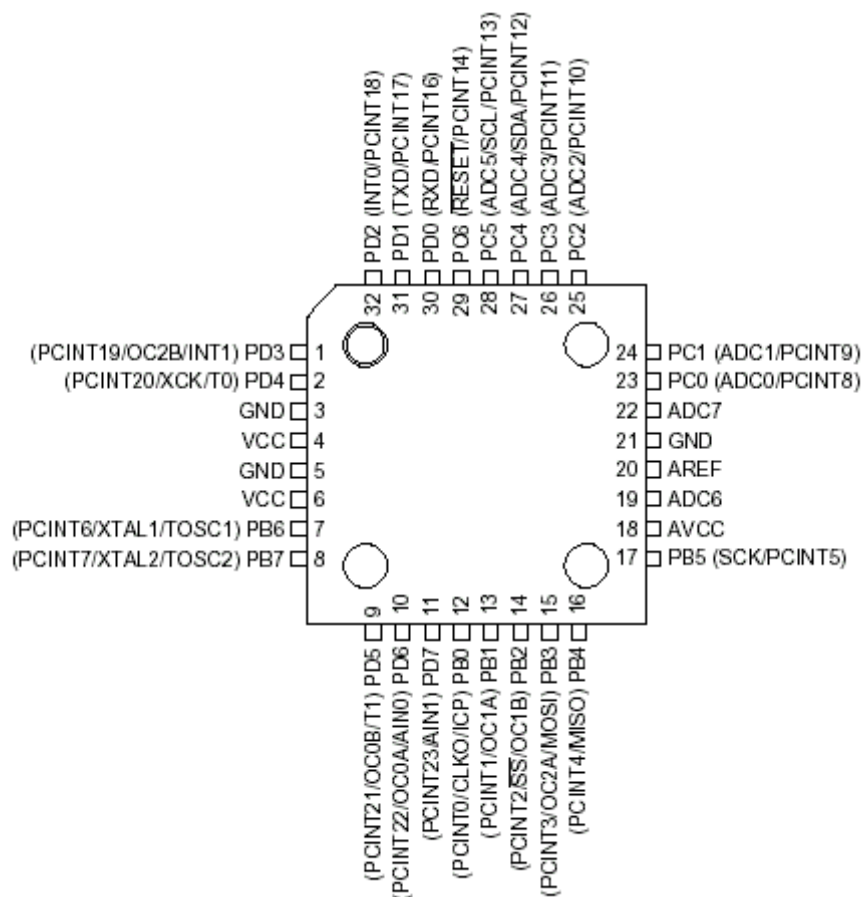


Рис. 2.12. Схема виводів ATmega 48

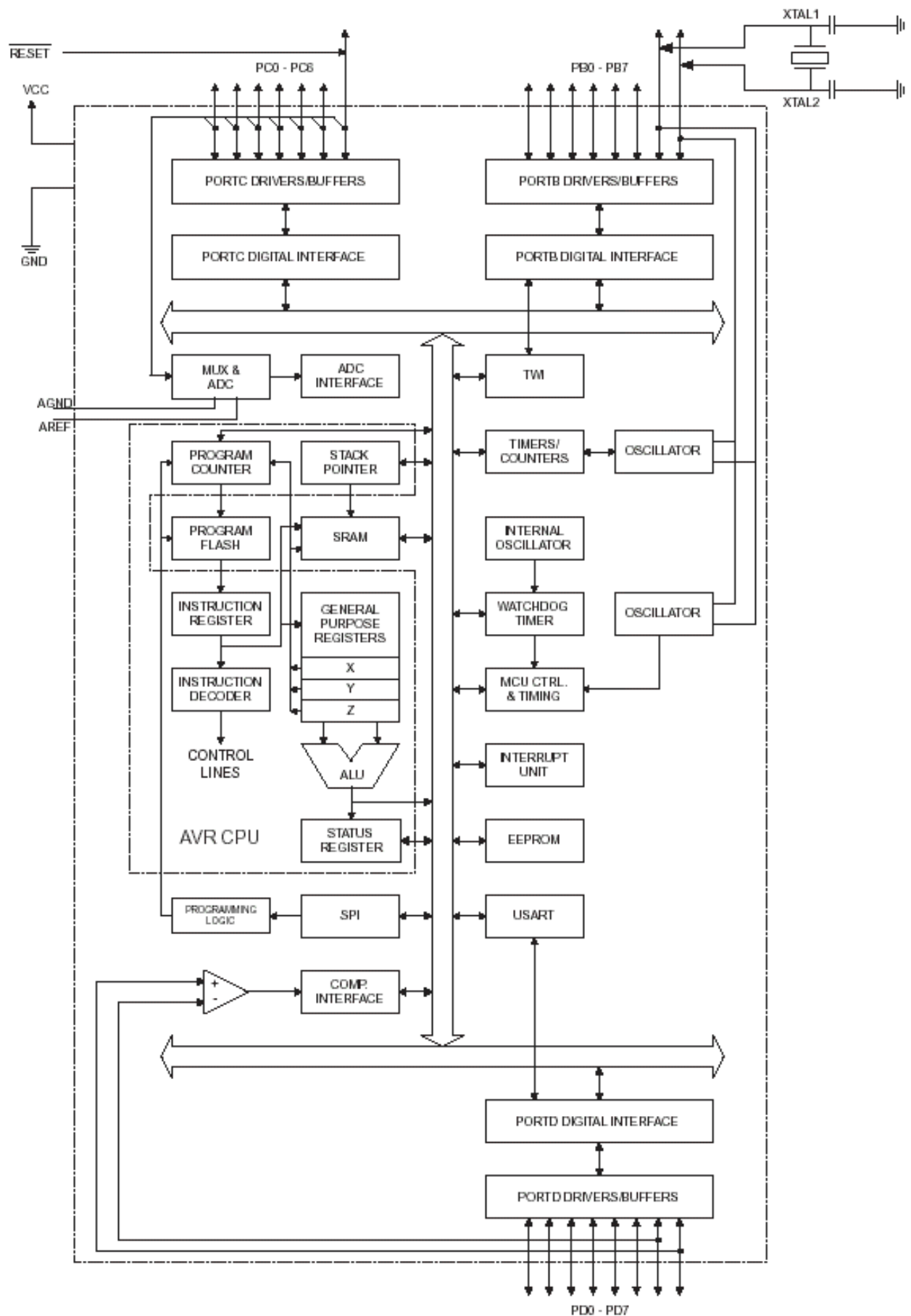


Рис. 2.13. Блок- схема ATmega48

Відмінні особливості ATmega48

- Високоякісний 8- бітний AVR з малим споживанням струму.
- Передова RISC архітектура:
 - 32 8 бітних робочих регістра загального застосування;
 - повністю статична архітектура;
 - продуктивність до 16 MIPS при тактовій частоті 16 МГц;
 - Енергонезалежна пам'ять програм і даних
 - 4 Кб внутрішньосистемно програмованої Flash пам'яті програми;
 - 256 байта EEPROM, здатної витримати 100000 циклів запису/стирання;
 - 512 байта вбудованої SRAM пам'яті;
 - Характеристики периферії
 - два 8-розрядних таймери/лічильники;
 - один 16- розрядний таймер/лічильник;
 - лічильник реального часу з окремим генератором;
 - п'ять ШИМ каналів;
 - 8-канальний АЦП;
 - програмуючий послідовий USART;
 - Діапазон напруги живлення:
 - від 1,8 до 5,5 В;
 - від 2,7 до 5,5 В;
 - від 4,5 до 5,5 В;
 - Діапазон частот:
 - від 0 до 1 МГц;
 - від 0 до 8 МГц;
 - від 0 до 16 МГц;
 - Споживаний струм:

Активний режим:

 - 300 мкА при частоті 1 МГц і напрузі живлення 1,8 В;
 - 20 мкА при частоті 32 кГц і напрузі живлення 1,8 В [18].

2.6. ATmega8535

ATmega8535 - 8-розрядний мікроконтролер сімейства Mega (рис.2.14.).
 Виготовляється за КМОН – технологією яка в поєднанні з удосконаленою RISC – архітектурою дозволяє досягти найкращого співвідношення швидкодія/енергоспоживання.

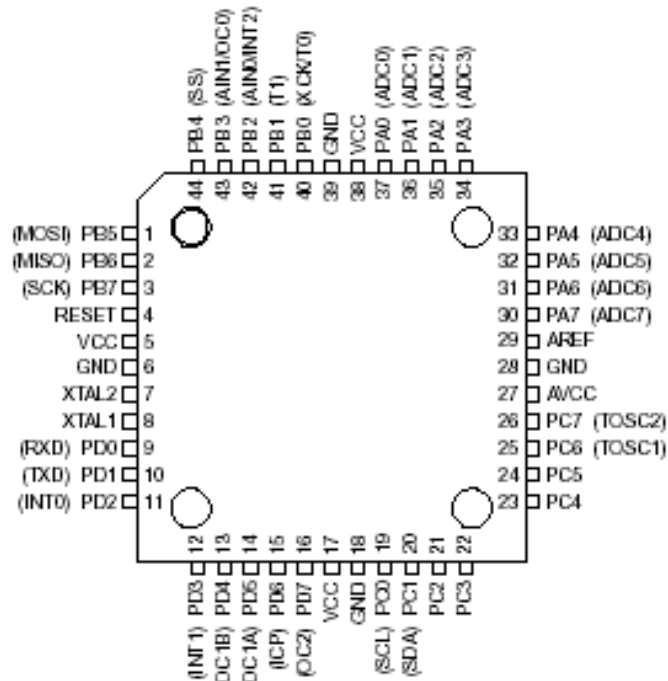


Рис.2.14. Схема виводів мікроконтролера ATmega8535

Особливості мікроконтролера ATmega8535:

- FLASH-пам'ять програм об'ємом 8 Кбайт з можливістю внутрішньосистемного програмування;
- оперативна пам'ять 512 байт;
- енергонезалежна пам'ять даних (EEPROM) об'єм 512 байт;
- можливість захисту від зчитування та модифікації пам'яті програм даних;
- можливість програмного зниження частоти тактового генератора;
- наявність програмного стека;
- наявність апаратного помножувача;
- 32 8-бітних регістра загального призначення;
- 32 лінії введення/виведення;
- діапазон напруг живлення від 4,5 В до 5,5 В;
- продуктивність до 8 MIPS при частоті 8 МГц.

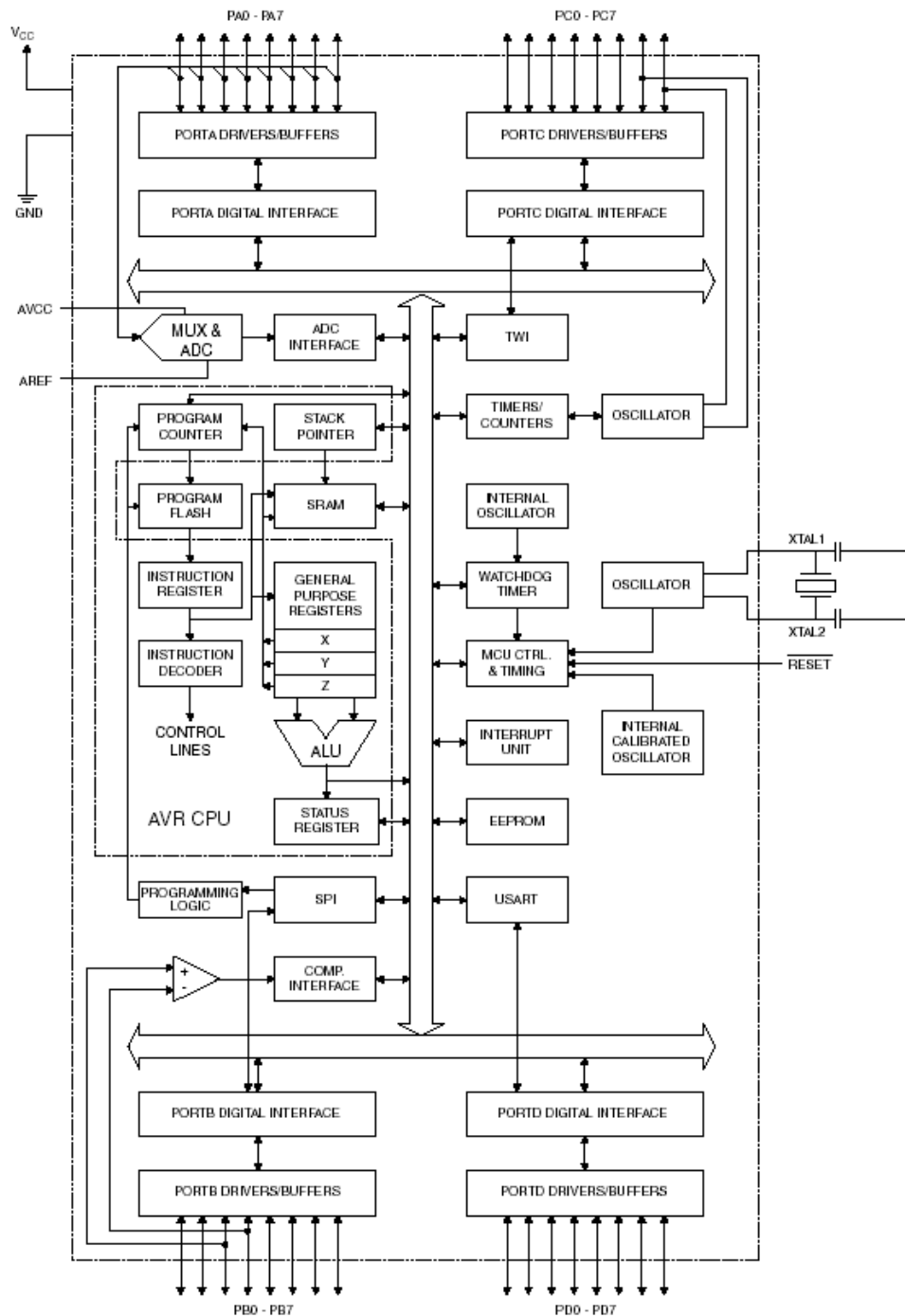


Рис. 2.15. Блок- схема ATmega8535

2.7. Модуль антени NRF24L01plus

NRF24L01plus – високоінтегрована мікросхема з пониженим споживанням енергії 2Мбіт/с для діапазону 2,4 ГГц (рис.2.16.). За допомогою модуля можливо зв'язати (до семи модулів для передачі даних по радіоканалу на частоті 2,4 ГГц, один з модулів виступає в ролі ведучого, інші ведені.

Характеристики NRF24L01plus:

- покращений пришвидшувач апаратного протоколу ShockBurst;
- швидкість передачі даних: 250 Кбіт/с, 1 Мбіт/с, 2 Мбіт/с;

- повна сумісність з усіма стандартними серіями NRF24L Nordic, а також серіями NRF24E і NRF240;
- напруга живлення: 3,3В;
- робочі температури: від -40С до 85С;
- дальність зв'язку: до 1000 м.

Основою модуля служить NRF24L01plus виробництва компанії Nordic Semiconductor. Налаштування проводиться по інтерфейсу SPI протоколу [19].

В плату NRF24L01plus входять синтезатор частот, демодулятор, підсилювачі (рис.2.17.). Робоча частота модуля визначається номером каналу, діапазон частот в якому відбувається зв'язок 2,4 – 2,483 ГГц. Канали розташовуються через 1 МГц (нульовому відповідає частота 2,4ГГц, каналу 83 – 2,483 ГГц).

Модуль має 4 робочих режими – виключення (Power Down), сплячий режим (Standby), прийом даних (RX mode), передача даних (TX Mode). За стабільну та надійну передачу та прийом даних відповідає протокол Enhanced ShockBurst. Приймаючий пристрій має давати відповідь при прийомі даних, підтверджуючи таким чином зворотній зв'язок.

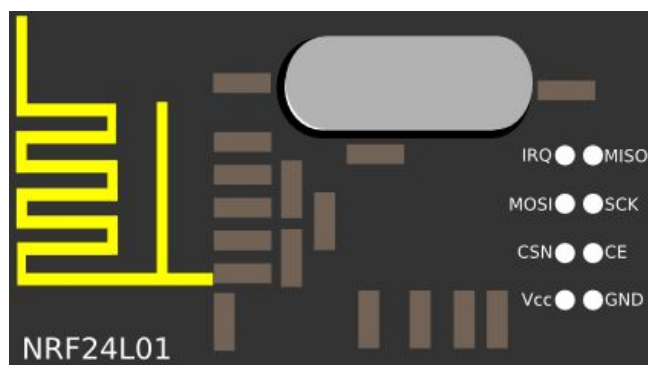


Рис. 2.16. Схема виводів NRF24L01: GND – земля; VCC – напруга живлення 3,3В; CE – високий рівень мікросхеми; CSN – включення низького рівня мікросхеми; SCK – такт SPI, максимальне значення 10 МГц; MOSI – передача інформації від контролера; MISO – прийом даних в контролер; IRQ – сигнал для апаратного переривання



Рис. 2.17. Зовнішній вигляд модулю NRF24L01plus

Окрім виходів живлення лінії сигналів можуть бути підключені до контактів з напругою 5 В. Вхід пристрою, що підключається до плати повинен споживати не більше 10 мА.

2.8. Мікросхема ULN2003

ULN2003 відноситься до сімейства мікросхем ULN200X. Мікросхема ULN2003 призначена для роботи з TTL логікою (5В) та логічних пристроїв КМОП та містить в собі набір потужних ключів для застосування в ланцюгах індуктивних навантажень (транзисторна збірка Дарлінгтона). На виходах вбудовані діоди для захисту керуючих електричних ланцюгів від зворотного викиду напруг від індуктивного навантаження (рис. 2.18.).

PIN CONNECTION

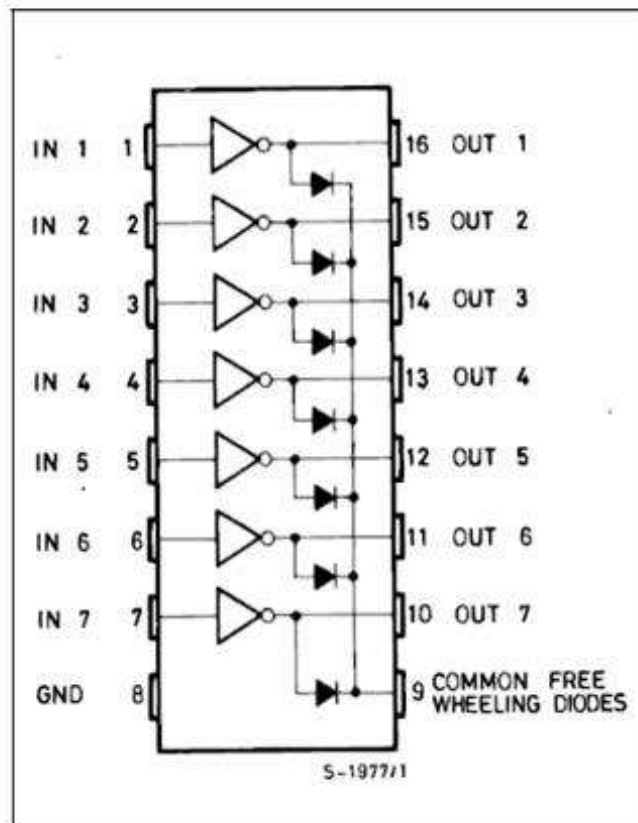


Рис. 2.18. Схема виводів ULN2003 [21]

Кожен канал в ULN2003 розрахований на навантаження 500 мА та максимальний струм до 600 мА. Входи та виходи розташовані в корпусі один навпроти одного, що значно спрощує розводку плати.

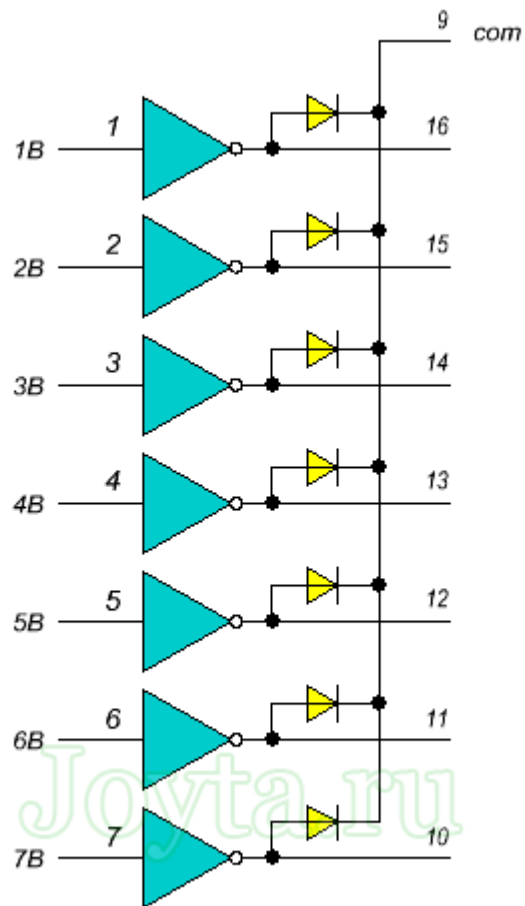


Рис. 2.19. Структурна схема ULN2003

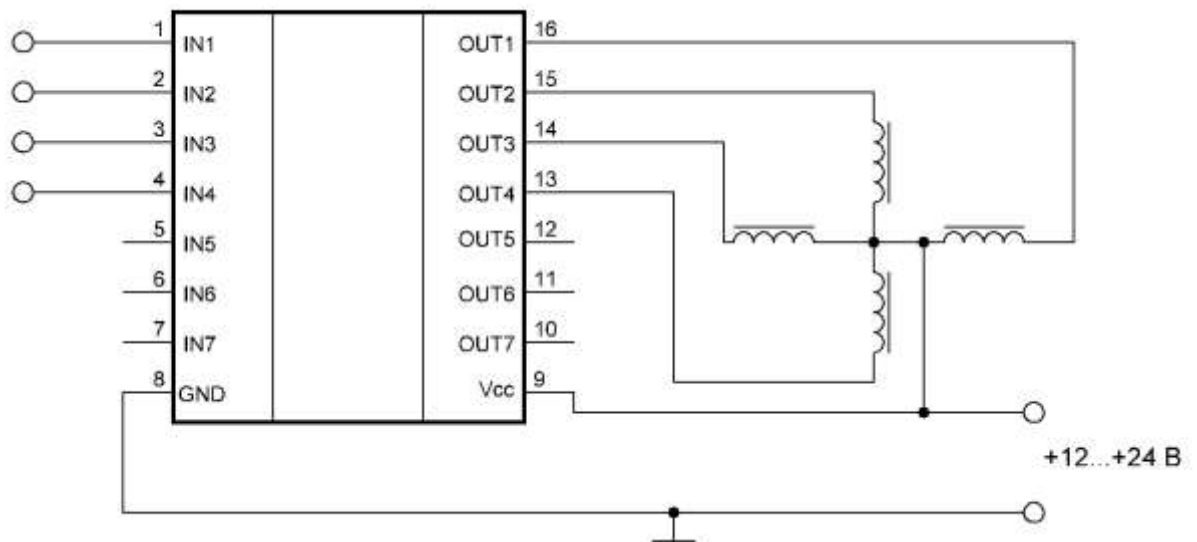


Рис. 2.20. Схема підключення ULN2003

Таблиця 2.1. Характеристики мікросхеми ULN2003

Найменування параметра, одиниці вимірювання	Умовне позначення	Режими		Норма	
				Не менше	Не більше
Вхідна напруга у відкритому стані, В	$V_{I(on)}$	$V_{CE}=2$	$I_C=200$ мА		2,4
			$I_C=250$ мА		2,7
			$I_C=300$ мА		3
Напруга колектор-емітер в режимі насичення, В	V_{CE}	$I_I=250$ мкА $I_C=100$ мА			1,1
		$I_I=350$ мкА $I_C=200$ мА			1,3
		$I_I=500$ мкА $I_C=350$ мА			1,6
Струм відсічення колектору, мкА	I_{CEX}	$V_{CE}=50$ В, $I_I=0$			50
Пряме падіння напруги на захисному діоді, В	V_F	$I_F=350$ мА			2
Вхідний струм, мА	I_I	$V_I=3,85$ В			1,35
Зворотній струм захисного діода, мкА	I_R	$V_R=50$ В			50

2.9. Сервопривід Tower Pro MG995

Сервопривід Tower Pro MG995 – цифровий сервомотор з металевою зубчатою передачею, використовується в системах позиціонування (рис.2.19.). [23]. Вихідний вал сервоприводу повертається на 120 градусів (60 градусів у кожному напрямку). На виході стоїть редуктор з металевими шестернями. В комплекті поставляються пластикові качалки різних форм-факторів.

Характеристики:

- металічний привід;
- розміри 40x19x43 мм;

- маса 55 г;
- кут повороту: 120 градусів;
- робоча швидкість: 0,17 с/60 градусів (4,8В без навантаження);
- робоча швидкість: 0,13 с/60 градусів (6В без навантаження);
- пусковий момент: 9,4 кг/см при живленні 4,8В;
- пусковий момент: 11 кг/см при живленні 6В;
- робоча напруга: 4,8 – 7,2В.

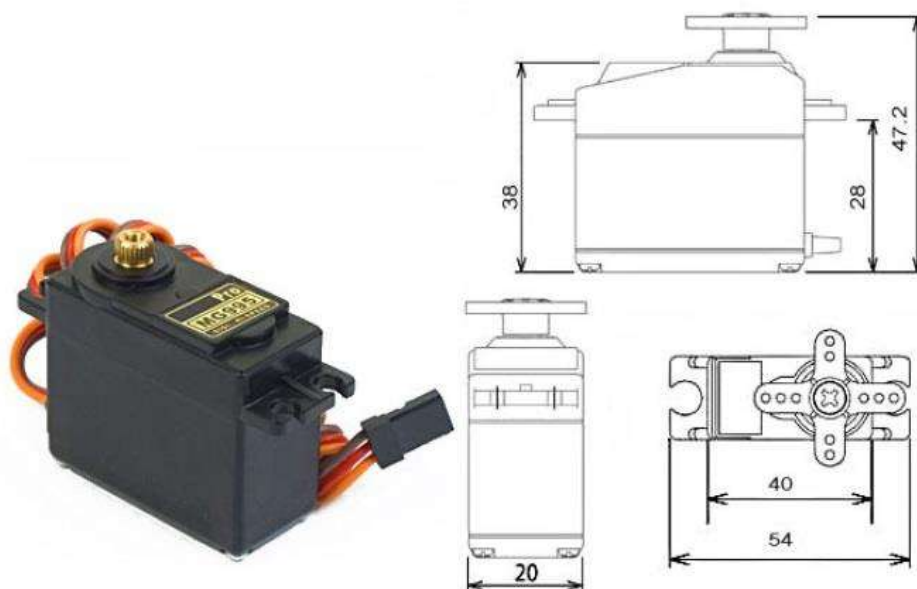


Рис. 2.21. Сервопривід Tower Pro MG995

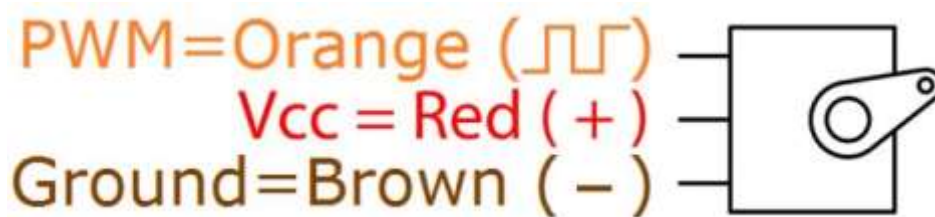


Рис. 2.22. Підключення сервопривода Tower Pro MG995

2.10. Інтегральний стабілізатор 7812

Пристрої, що містяться в схемі блоку живлення, та підтримують постійну вихідну напругу, називаються стабілізаторами напруги. Вони розраховані на фіксовані значення напруг виходу.

Стабілізатори розраховані на певний струм, при перевищенні якого він вийде з ладу. Інноваційні стабілізатори оснащені блокуванням по струму, який забезпечує відключення пристрою при досяганні пікового струму в навантаженні. Схема виводів стабілізатора 7812 показана на рис.2.23. [24].

Стабілізатор розрахований на напругу 12 Вольт і струм 1 Ампер. Отвір в корпусі служить для фіксації стабілізатора до радіатора. На його виході встановлюється конденсатор значної ємності для вирівнювання імпульсів напруги.

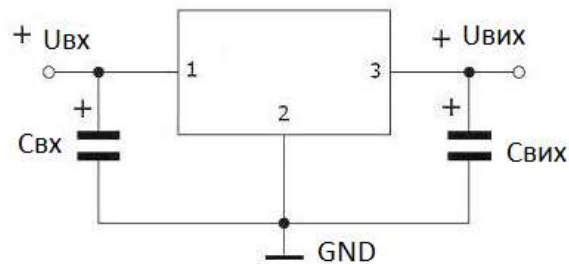


Рис.2.23. Схема підключення L7805

Технічні характеристики:

- максимальний струм: 1,5 А.
- максимальна вхідна напруга: 40 вольт;
- вихідна напруга: 5 В.

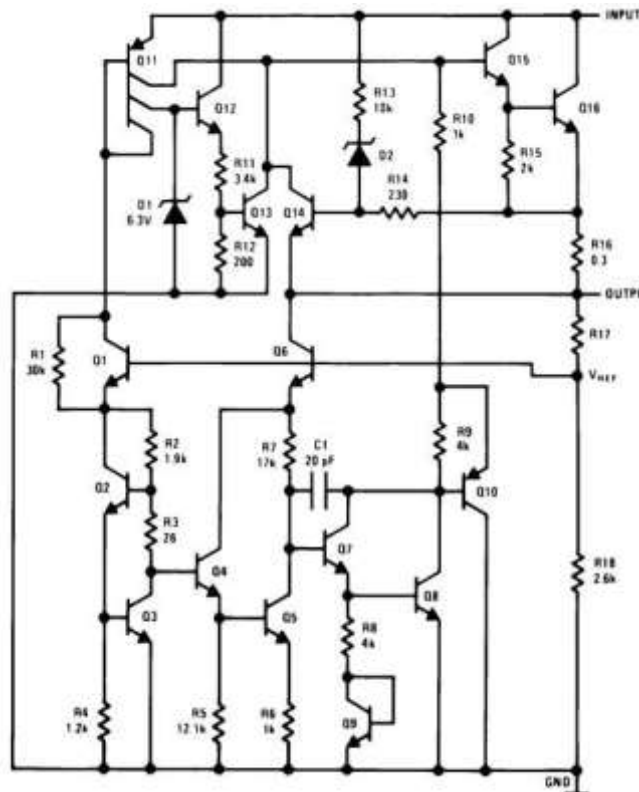


Рис.2.24. Схема стабілізатора L7812

2.11. Світлодіод 3 Вт

Яскраві потужні світлодіоди 3 Вт – твердотільні напівпровідникові джерела світла з напругою живлення від 2,2В до 3,6В та силою струму до 700 мА (рис.2.25.).

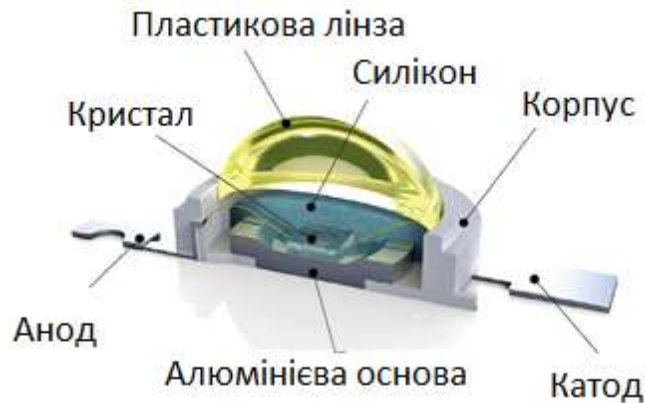


Рис. 2.25. Конструкція потужного світлодіода [26]

Світловий потік при цьому в залежності від номіналу лежить в межах від 25 лм до 220 лм, а потужність розсіювання складає 3 Вт. Колір свічення залежить від матеріалу кристалу з якого його зроблено. Корпус потужних світлодіодів виготовляється з термостійкого пластику, лінза – з прозорої епоксидної смоли. Для додаткового відведення тепла використовують алюмінієві радіатори (рис.2.26.).

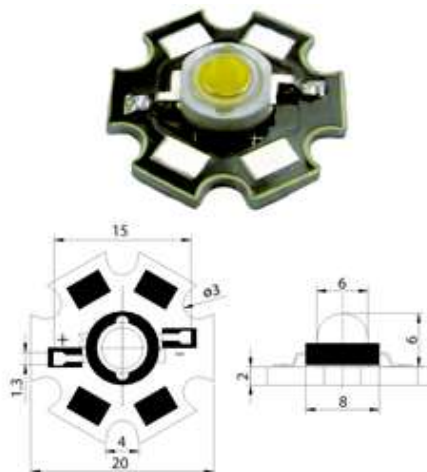


Рис.2.26. Зовнішній вигляд потужного світлодіода

Живлення потужних світлодіодів подається через драйвери живлення або резистори. Підвищена робоча температура складає не більше +75°C, понижена – не нижче -30°C. Кут свічення широкий – 120° (рис.2.27.).

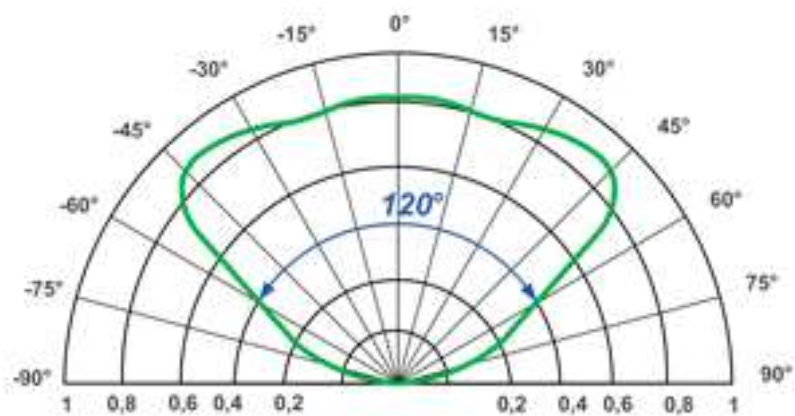


Рис.2.27. Діаграма спрямованості потужного світлодіода

Таблиця 2.2 Характеристики світлодіода

Прямий струм (I_{fm})	700 мА
Прямий пульсуючий струм (I_{fpm})	1000 мА
Зворотна напруга (V_R)	5 В
Потужність розсіювання (P_D)	3 Вт
Кут розсіювання світла	120°
Тип лінзи світлодіода	Прозора
Робоча температура	-30 °С +75 °С
Температура пайки	260 °С

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ II

У результаті аналізу ТЗ було складено блок-схему електронної системи імітації вогневої позиції снайпера для контрснайперської боротьби, що складається з передавача та приймача. Далі розраховано елементи понижуючого імпульсного DC/DC конвертера, діодного моста від переполюсовки, вибрано стабілітрон та мікроконтролери, складено принципові електричні схеми приймача та передавача, написана програма. Заemodelьовано та розраховано антену для приймача та передавача - Bi-Quad з такими параметрами:

$$F=2443 \text{ МГц};$$

$$R=75 \text{ Ом};$$

$$jX=0,346 \text{ Ом};$$

$$KCX=1;$$

$$Gh=7,98 \text{ дБд};$$

$$Ga=10,13 \text{ дБі};$$

$$F/B=19,08.$$

РОЗДІЛ III. КОНСТРУКТОРСЬКО – ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.

3.1. Розробка друкованої плати

Розроблена принципова схема передавача та приймача монтується на друкованій платі. Друкована плата (ДП) - виріб, що складається з плоскої ізоляційної підкладки з отворами, пазами, вирізами і системою струмопровідних смужок металу, яке використовуються для установки і комутації виробу і функціональних вузлів відповідно до електричної принципової схеми. Спочатку визначається точність виготовлення, яка залежить від технологічних характеристик та визначає основні параметри друкованої плати. До них відносяться: мінімальна ширина провідників, мінімальний зазор між елементами друкованої плати, мінімальний розмір отворів для елементів та ін.

ГОСТ 23.751-86 передбачає п'ять класів точності друкованих плат. В табл. 3.1. наведено їх класифікацію за класами.

Таблиця 3.1.

Параметри	Номінальне значення параметрів для класу точності				
	1	2	3	4	5
Ширина друкованого провідника t , мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,1
Відстань між краями сусідніх елементів S , мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,1
Гарантований поясок B , мм	0,3	0,2	0,1	0,05	0,025
Відношення діаметру найменшого металізованого отвору, до товщини друкованої плати f	0,4	0,4	0,33	0,25	0,2

Крім того, в конструкторській документації на друковану плату завжди має міститися вказівка на клас, що обумовлений відповідним рівнем технологічного оснащення виробництва. Саме тому вибір класу точності напряду пов'язаний з конкретним виробництвом.

Виготовлення друкованих плат 1-го та 2-го класів здійснюється на рядовому обладнанні, а іноді і за відсутності спеціального обладнання. Такі ДП з низькими

конструктивними параметрами призначені для недорогих пристроїв з малою щільністю монтажу. До цього класу належать друковані плати любительського і макетного рівня дрібносерійного виробництва.

Друковані плати 3-го рівня – найпоширеніші у виготовленні; забезпечують достатньо високу щільність трасування та монтажу та водночас досить недорогі у виробництві.

Друковані плати 4-го класу випускаються на високоточному обладнанні, але вимоги до матеріалів, устаткування і приміщень нижче, ніж 5-го класу.

Для виготовлення ДП 5-го класу необхідно застосовувати унікальне високоточне обладнання, спеціальні матеріали, фотоплівки. Найголовнішим є забезпечення «чистих кімнат».

Основні види та параметри матеріалів, що використовуються для виготовлення ДП наведені в табл.3.2. Найпоширенішим матеріалом для друкованих плат є склотекстоліт FR4 з робочою температурою від -50 С до +110 С та температурою руйнування близько 135 С. Діелектрична стала лежить в межах від 3,8 до 4,5. При підвищених вимогах до термостійкості або при монтажу плат в печі за безсвинцевою технологією застосовується високотемпературний FR4 High Tg або FR5. За необхідності постійної роботи при підвищених температурах або при різких перепадах температур застосовується поліамід. Окрім того його ще використовують для виготовлення плат підвищеної надійності, для ВПК, а також у випадках необхідності підвищеної електричної міцності.

Для створення прототипу електронної системи контрснайперської боротьби прийнято рішення виготовити ДП 2-го класу точності.

В залежності від кількості електропровідних шарів ДП поділяються на:

- одношарові;
- двошарові;
- багатошарові.

Для виготовлення ДП приймача та передавача прийнято рішення проектувати одношарову плату. Для їх проектування використано програму САПР Sprint Layout 5.0. Дана програма призначена для ручного проектування ДП для електронних пристроїв середньої складності з великою бібліотекою макросів.

Таблиця 3.2.

Вид	Склад	Tg, °C	Dk	Вартість	Найменування
FR4	Склотекстоліт	>140	4,7	1	S1141

FR4 halogen free	Склотекстоліт, не містить галогену	>140	4,7	1,1	S1155
FR4 High Tg, FR5	Матеріал із зшитою сіткою, підвищена термостійкість	>160	4,6	1,2...1,4	S1170, S1141 170
RCC	Епоксидний матеріал без скляної основи	>130	4,0	1,3...1,5	S6050
PD	Полімідна смола з арамідною основою	>260	4,4	5...6,5	Arlon85N
PI	Матеріал для виробництва гнучких та плат	195-220	3,4		Dupont Pyralux, Taiflex

Створення електронного пристрою включає в себе наступні етапи:

- формування технічного завдання (ТЗ) на розробку системи;
- розробка принципової електричної схеми, переліку елементів і
- відповідної документації;
- моделювання пристрою;
- розробка конструкції друкованої плати;
- підготовка до виробництва і виготовлення друкованих плат;
- збирання та налаштування виробу.

Друковані плати передавача та приймача зображені на рис.3.1. та 3.2.

відповідно (товщина доріжок 0,5 мм; 0,7 мм; 1 мм, 1,2 мм).

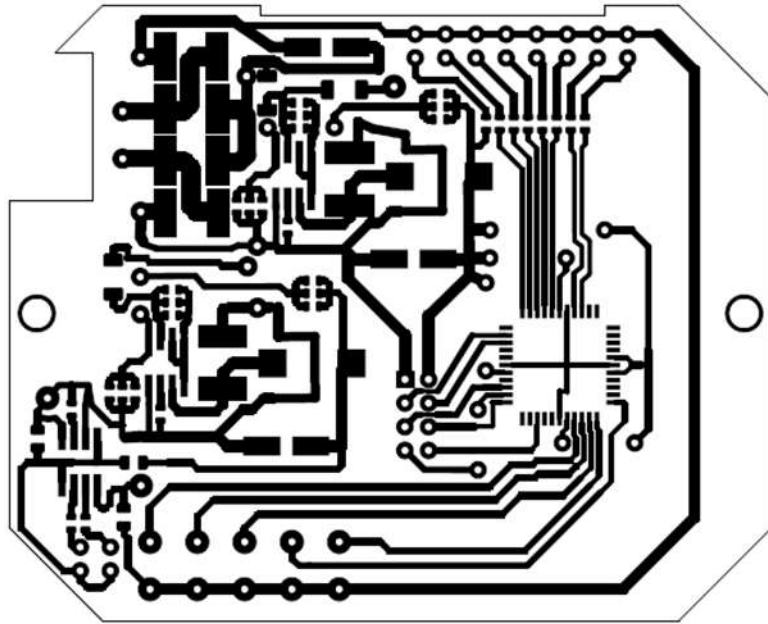


Рис. 3.1. – Друкована плата передавача

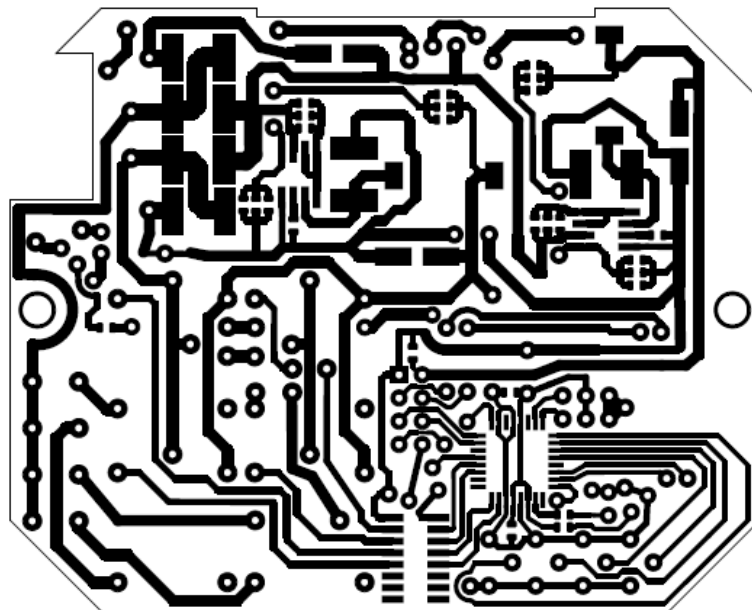


Рис. 3.2. - Друкована плата приймача

3.2. Виготовлення друкованої плати

Створення сучасної електронної апаратури пов'язано з розробкою та освоєнням нових матеріалів. Від властивостей матеріалів, що застосовують залежить конкурентоспроможність та перспективність пристрою. До основних матеріалів ДП

відносяться: фольгований або нефольгований діелектрики, керамічні та металічні (з поверхневим діелектричним шаром) матеріали, з яких виготовляють основу ДП; ізоляційний матеріал для підкладки. Їх виготовляють з склотканини, просоченої недополімеризованою термоактивною епоксидною смолою; з полііміду з нанесеним з двох боків адгезивним покриттям та ін. Для захисту поверхні від зовнішньої взаємодії застосовують покритві захисні плівки та полімерні захисні лаки. Вимоги до базових матеріалів для виготовлення ДП визначаються: умовами експлуатації; електричними, механічними, економічними; конструкцією ДП; методом виготовлення ДП; умовами збирання та монтажу. Основні вимоги, що пред'являються до базових матеріалів для виготовлення ДП: високі ізоляційні властивості; висока термостійкість; висока механічна міцність; стійкість до агресивних технологічних середовищ; стабільність електричних та механічних параметрів ДП при кліматичних взаємодіях; низька вартість. Фольговані та нефольговані діелектрики складаються з наповнювача та пов'язуючого (фенольної, епоксифенольної, епоксидної та ін.). В якості наповнювача використовують папір, склотканину, скловолокно.

Фольговані діелектрики на основі склотканини складаються: з склотканини, виготовленої з ниток; з смоли, що використовують для просочення склотканини, модифікацією якої отримують необхідні механічні та електричні характеристики фольгованих діелектриків; із фольги, що використовується в якості металічного покриття фольгованих матеріалів (мідної, алюмінієвої).

Мідну фольгу виготовляють одним із двох способів: електролітичним осадженням та прокаткою. Мідну електролітичну фольгу, окисовану з однієї сторони в лужних або хромових розчинах для кращого щеплення фольги з діелектриком (товщиною 5, 9, 12, 18, 35, 50, 70, 105 мкм), отримують гальванопластичним методом і приклеюють до діелектрика клейом БФ-4 і БФР-4, в склад якого додано пиловидний кварц для підвищення теплостійкості клейового складу і підвищення адгезії до мідної фольги та діелектрику. Нефольговані діелектрики випускаються двох типів:

1) з адгезивним (клейовим) шаром, наприклад, епоксикаучуковою композицією товщиною 50–100 мкм на поверхні діелектрика, який наносять для підвищення міцності щеплення осаджуємої в процесі виготовлення ДП міді хімічним способом;

2) з введеним в об'єм діелектрика каталізатором, що сприяє осадженню хімічної міді.

Керамічні матеріали характеризуються: стабільністю електричних і геометричних параметрів; стабільною високою механічною міцністю в широкому діапазоні температур; високою теплопровідністю; низьким вологопоглинанням. Недоліками керамічних матеріалів являються довготривалий цикл виготовлення, крихкість, висока вартість.

Металічну основу виготовляють з алюмінію, титану, сталі або міді. Їх застосовують в теплонавантажувальних ДП для покращення відведення теплоти, в ЕА з великим струмовим навантаженням, що працюють при високих температурах, а також для підвищення жорсткості ДП, виконаних на тонкій підкладці.

Характеристиками прокладочних матеріалів, які склеюють (товщиною 0,025; 0,06 и 0,1 мм) для склеювання шарів в моноліт являються:

- марка склотканини та смоли;
- загальний склад смоли, який визначає міцність склеювання, здатність заповнювати простір між друкованими провідниками, товщину ізоляційного шару.
- склад летучих речовин в смолі, які призводять до утворення пустот, зменшенню щільності склеювання, ступеню полімеризації смоли через присутність розчинника, погіршенню механічних та ізоляційних характеристик. Вміст летучих речовин в смолі має бути не більше 0,75 %. Визначається як процентне відношення маси летучого розчинника до маси просоченої склотканини;
- текучість смоли, яка визначає режим пресування шарів (температуру та тиск);
- склад розчинної смоли, від якої залежить ступінь полімеризації смоли.

До технологічних матеріалів для виготовлення ДП відносяться фоторезисти, спеціальні трафаретні фарби, захисні маски, електроліти міднення, травлення. Вимоги до них визначаються конструкцією ДП та технологічним процесом (ТП) виготовлення. Фоторезисти мають забезпечувати необхідну роздільну здатність при отриманні малюнка схеми та відповідну хімічну стійкість. Травильні розчини мають бути сумісні з резистом, що застосовується при травленні, бути нейтральними до ізоляційних матеріалів, мати високу швидкість травлення. Всі матеріали повинні бути економічні та безпечні для оточуючого середовища.

Плату надруковано на лазерному принтері на фотопапері з використанням лазерно-праскового методу. Суть методу полягає в тому, що на фольгований текстоліт наноситься захисний малюнок, який запобігає травленню міді. В результаті, після травлення, на платі залишаються доріжки провідників. Метод заснований на тому, що захисний малюнок утворюється тонером, який за допомогою нагрівання переноситься на текстоліт. Після переведення тонера за допомогою праски, зайвий папір змивається, а плату поміщається у розчин хлорного заліза. Після травки плата очищається, свердяться отвори діаметром 0,5 мм, лудяться доріжки. Для пайки використано припій для м'якої пайки Sn60Pb40 з флюсом F-SW26; 2,5%; провіолока, 0,5мм; температура плавлення: 190°C.

3.3. Виготовлення антени

Антенна BiQuad складається з двох частин: рефлектора та резонатора. Резонатором являється подвійний квадрат зі стороною в чверть довжини хвилі, а рефлектор – металічна частина антени до якої кріпиться резонатор. Резонатор складається з мідної проволочки діаметром $D=2,5$ мм та довжиною $l=244$ мм. На рис.3.3. показано конструкцію антени.

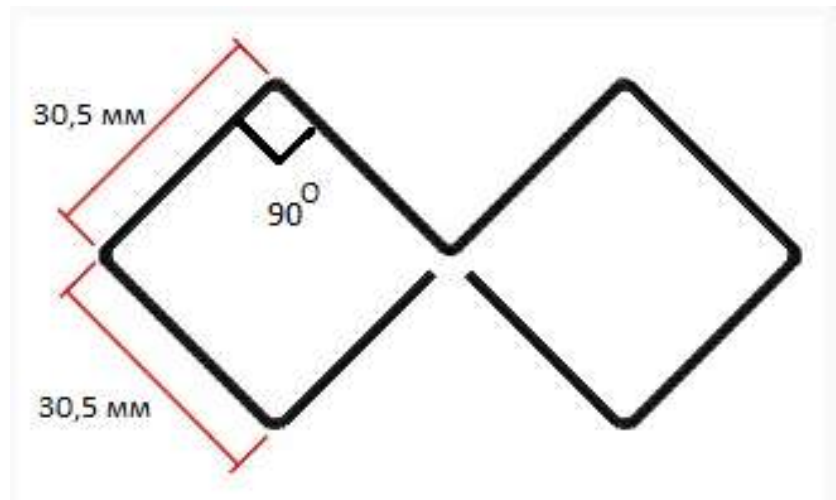


Рис.3.3. Конструкція антени

Головною задачею рефлектору є відбивання електромагнітних хвиль. Правильно відбиті хвилі будуть накладатися своїми амплітудами на коливання, випущені активним елементом та розповсюджувати їх максимально далеко від антени. Щоб досягти корисної інтерференції потрібно розмістити випромінювач на відстані, кратній $\frac{1}{4}$ довжини від відбивача. Для біквдратної антени отримане значення необхідно помножити на 5. Тоді оптимальне значення відстані від випромінювача до рефлектора 15,625 мм. Зовнішній вигляд антени показано на рис.3.4.



Рис.3.4. Зовнішній вигляд антени BiQuad з рефлектором

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ III

У цьому розділі було визначено клас проєктованих друкованих плат приймача та передавача. Створення електронного пристрою включає в себе наступні етапи:

- розробка конструкції друкованої плати;
- підготовка до виробництва і виготовлення друкованих плат;
- збирання та налаштування виробу.

Розроблено друковані схеми електронної системи імітації вогневої позиції снайпера для контрснайперської боротьби в САПР Sprint Layout 5.0. Плати виготовлено з використанням лазерно-праскового методу. Для пайки використано припій для м'якої пайки Sn60Pb40 з флюсом F-SW26; 2,5%; проволока, 0,5мм; температура плавлення: 190°C.

Виготовлено антену Bi-Quad, що складається з двох частин: рефлектора та резонатора. Резонатором являється подвійний квадрат зі стороною в чверть довжини хвилі, а рефлектор – металічна частина антени до якої кріпиться резонатор.

Розроблена плата та антена забезпечує характеристики системи, що поставлені в ТЗ.

РОЗДІЛ IV. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

4.1. Визначення стартапу

Стартап як форма малого ризикового (венчурного) підприємництва впродовж останнього десятиліття набула широкого розповсюдження у світі через зниження бар'єрів входу в ринок (із появою Інтернету як інструменту комунікацій та збуту стало простіше знаходити споживачів та інвесторів, займатись пошуком ресурсів, перетинати кордони між ринками різних країн), і вважається однією із наріжних складових інноваційної економіки, оскільки за рахунок мобільності, гнучкості та великої кількості стартап-проектів загальна маса інноваційних ідей зростає.

Проте створення та ринкове впровадження стартап-проектів відзначається підвищеною мірою ризику, ринково успішними стає лише невелика частка, що за різними оцінками складає від 10% до 20%. Ідея стартап-проекту, взята окремо, не вартує майже нічого: головним завданням керівника проекту на початковому етапі його існування є перетворення ідеї проекту у працюючу бізнес-модель, що починається із формування концепції товару (послуги) для визначеної клієнтської групи за наявних ринкових умов.

Етапи розроблення стартап-проекту:

1. Маркетинговий аналіз стартап-проекту

В межах цього етапу:

розробляється опис самої ідеї проекту та визначаються загальні напрями використання потенційного товару чи послуги, а також їх відмінність від конкурентів;
аналізуються ринкові можливості щодо його реалізації;
на базі аналізу ринкового середовища розробляється стратегія ринкового впровадження потенційного товару в межах проекту.

2. Організація стартап-проекту

В межах цього етапу:

складається календарний план-графік реалізації стартап-проекту;
розраховується потреба в основних засобах та нематеріальних активах;
визначається плановий обсяг виробництва потенційного товару, на основі чого формулюється потреба у матеріальних ресурсах та персоналі;
розраховуються загальні початкові витрати на запуск проекту та планові загальногосподарські витрати, необхідні для реалізації проекту.

3. Фінансово-економічний аналіз та оцінка ризиків проекту

В межах цього етапу:

визначається обсяг інвестиційних витрат;

розраховуються основні фінансово-економічні показники проекту (обсяг виробництва продукції, собівартість виробництва, ціна реалізації, податкове навантаження та чистий прибуток) та визначаються показники інвестиційної привабливості проекту (запас фінансової міцності, рентабельність продажів та інвестицій, період окупності проекту);

визначається рівень ризикованості проекту, визначаються основні ризики проекту та шляхи їх запобігання (реагування на ризики).

4. Заходи з комерціалізації проекту

Цей етап спрямовано на пошук інвесторів та просування інвестиційної пропозиції (оферти). Він передбачає:

визначення цільової групи інвесторів та опису їх ділових інтересів;

складання інвест-пропозиції (оферти): стислої характеристики проекту для попереднього ознайомлення інвестора із проектом;

планування заходів з просування оферти: визначення комунікаційних каналів та площадок та планування системи заходів з просування в межах обраних каналів;

планування ресурсів для реалізації заходів з просування оферти.

Означені етапи, реалізовані послідовно та вчасно – створюють передумови для успішного ринкового старту.

4.2. Опис ідеї проекту

Таблиця 4.1 Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Зміст ідеї: створення електронної системи імітації вогневої позиції снайпера для контрснайперської боротьби, яка буде використовуватися при веденні бойових дій для виявлення позиції снайпера;	1. Військові і технології;	Зменшує ризики втрат особового складу;
	2. Тренажер для армійських підрозділів;	Дозволяє виявляти снайперську позицію ворога;
	3. Контртероризм;	Зменшує необхідність переміщуватися по полю бою;

Таблиця 4.2. Визначення сильних слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№	Техніко-економічні	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (сла	N (нейт	S (силь
		Мій	Конкурент1	Конкурент2	Конкурент3			

п / п	характеристики ідеї	проект	t1		рент3	бка стор она)	ральн а сторо на)	на сторо на)
1	Система імітації вогневої позиції	Імітує постріл та блік снайперської гвинтівки	Імітує теплове випромінювання	Сканує місцевість випромінюючи лазерне світло	Сканує місцевість за допомогою звуку			+
2	Дистанційне керування системою	Система керується дистанційно за допомогою пульта	Керується дистанційно	Знаходить ся безпосередньо у користувача	Знаходиться безпосередньо у користувача			+
3	Живлення	аккумулятор	аккумулятор	аккумулятор	аккумулятор		+	
4	Завадозахищеність	Висока	Середня	Висока	Висока		+	

4.3. Технологічний аудит ідеї проекту

Таблиця 4.3. Технологічна здійсненість ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Передача сигналу за допомогою антени на частоті 2,4 ГГц	Виготовлення біквadratних антен	Наявна	Доступна
2	Створення друкованої плати пристрою	Виготовлення друкованих плат	Наявна	Доступна
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: самостійна розробка на основі дослідження				

4.4. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Таблиця 1.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
-------	--------------------------------------	----------------

1	Кількість головних гравців, од	100
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	1000000000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Відсутність масового виробника
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Немає
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	30

Таблиця 4.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Зменшення втрат особового складу при веденні бойових дій; Автоматизація виявлення ворожої локації; Відволікання уваги противника;	Армія; Внутрішні війська; Розвідка;	обсяг замовлення;	- до продукції: Точність; Надійність; Якість; - до компанії-постачальника: Точність; Брендінг та відомість; Гарантійність;

Таблиця 4.6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Викрадення розробки	Складність персоналізації інформації; Демпінг;	Експериментально довести надійність системи; тримати в секреті розробку;
2	Конкуренція		
3	Надійність системи		

Таблиця 4.7. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Інноваційність	Переваги при просуванні товару	Зроблений упор на маркетинг та рекламу у цих напрямках для
2	Відсутність аналогів на ринку		

			рекомендування себе, як компанії, на ринку;
--	--	--	---

Таблиця 4.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції: монополія	Одна компанія займається розробкою та отримує фінансування	Покращення товару
2. За рівнем конкурентної боротьби: локальна	Належить до розробок ВПК;	Розширення функціоналу та орієнтації користувачів
3. За галузевою ознакою: міжгалузева	Притаманна різним галузям застосування;	Розширення функціоналу та галузей застосування
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-родова та товарно-видова	Належить до систем снайпінгу	Розширення функціоналу пристрою
5. За характером конкурентних переваг: цінова та нецінова	Нецінова – чим надійніше тим краще	Покращення цінової політики та якості товару
6. За інтенсивністю: не марочна	Не жорстка конкуренція	Зарекомендувати себе як надійного виконавця

Таблиця 4.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Укроборонпром	ДП «Харківський приладобудівний завод ім. Т.Г.	Має авторитет на ринку	Роблять замовлення виходячи з реальних	Товарів замінників немає

		Шевченка», ДП НВК «Фотоприлад»		потрет	
Висновки:	Конкурентна боротьба висока, так як підприємство є найвагомішим на ринку озброєння	Можливості входу на ринок є	Постачальники не диктують умови	Клієнти диктують умови	

Таблиця 4.10 Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Відсутність аналогів на ринку	За відсутності повних аналогів на ринку на товар буде великий попит, так як армія потребує сучасне озброєння
2	Цінова політика	Відносно невисока ціна та висока якість
3	Терміни виконання	Виконання замовлення відбувається вчасно

Таблиця 4.11. SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: Система імітації вогневої позиції; Відсутність аналогів; Дистанційне керування; Простота у використанні;	Слабкі сторони: Проведено мало експериментальних досліджень;
Можливості: Розширення функціоналу пристрою; Оптимізація енергоспоживання;	Загрози: Передача інформації;

4.5. Розробка маркетингової програми стартап-проекту

Таблиця 4.12. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати	Чи буде компанія копіювати основні характеристики	Стратегія конкурентної поведінки
----------	--	--	---	----------------------------------

		існуючих у конкурентів?	товару конкурента, і які?	
1	З погляду систем антиснайпінгу – ні, з погляду поєднання в собі системи з імітації снайпера – так.	Гострої необхідності забирати споживачів немає	Ні, не буде, так як це зменшить клієнтську базу	Помірна

Таблиця 4.13. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Необхідність виявлення снайперів для контрснайперської боротьби	Проста в управлінні, недорога система	Створення надійного бренду; Постійний розвиток та апгрейд системи та компанії у всіх напрямках; Дотримуватися схеми ціна – якість;

Таблиця 4.14. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
	120-140% від ціни нашого продукту	120-140% від ціни нашого продукту	20000 - 100000 грн зі 100 проданих од.	8000/6000 грн

Таблиця 4.15. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
-------	---	---	----------------------	--------------------------

1	Задоволення потреб, спрощення антиснайпінгу, полегшення пересування снайпера, дистанційне керування	Збут товару	Усі можливі канали збуту (глибока)	Власна
---	--	-------------	---	--------

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ IV

Згідно проведеного аналізу розроблюваний проект має можливість ринкової комерціалізації. Зростання попиту на товар додає масовості придбання, але створює жорсткі конкурентні умови виходу на ринок, де динаміка ринку доволі сприятлива до розроблюваного проекту.

Проект має високі перспективи впровадження з огляду на потенційні групи клієнтів, якими виступають армія, внутрішні війська, контртерористичні спецзагони. Бар'єрами входження на ринок можуть бути сильний конкурентний тиск з боку великих фірм. Подальша імплементація проекту є доцільною та рентабельною.

ВИСНОВКИ

Дослідивши наявні на сьогоднішній день системи снайпінгу та антиснайпінгу для імітації вогневої позиції снайпера для контрснайперської боротьби встановлено, що стоїть гостра необхідність у розробці електронної системи з можливостями імітації звуку пострілу та спалаху, що його супроводжує, відблиск оптичної системи, а також теплове випромінювання та рух голови снайпера.

Було розроблено структурну передавача та приймача, за нею розраховані параметри та елементи принципів схем, антена. Далі розроблено та виготовлено друковані плати передавача та приймача. Коефіцієнт підсилення антени складає: $G_a=10,13$ дБі, напруга живлення передавача та приймача: +12 В.

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

- обґрунтована актуальність створення електронної системи імітації вогневої позиції снайпера для контрснайперської боротьби;
- розроблено принципові схеми та друковані плати системи;
- змодельовано розраховано параметри антени Bi-Quad;
- створено новий тип приладу, що має функціональні можливості, які не мають інші прилади в цій сфері.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Потапов А. А. Искусство снайпера // Фаир-пресс 2005. С. 93-97.
2. «Учебник выживания снайпера. «Стреляй редко, но метко!» /Алексей Ардашев, Семен Федосеев.»: Москва; 2014.
3. Ананьев Ю. А. Оптические резонаторы и лазерные пучки. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990 – 264 с.
4. Лазеры: Устройство и действие: Учебн. пособие/А. С. Борейшо; Мех. ин-т СПб, 1992. 215 с.
5. Делоне И. Б. Взаимодействие лазерного излучения с веществом: Курс лекций: Учебн. Руководство. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 280с.
6. Федоров Б.Ф. Лазеры. Основы устройства и применение.— М.: ДОСААФ, 1988, — 190 с.
7. МАК А. А., СОМС Л. Н., Фромзель В. А., Яшин В. Е. Лазеры на неодимовом стекле. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 288 с.
8. Основы импульсной лазерной локации: Учеб. Пособие для вузов / В. И. Козинцев, М. Л. Белов, В. М. Орлов и др.; под ред. В. Н. Рождествина. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 512 с.
9. Вавилов В.П., Климов А.Г. Тепловизоры и их применение. М.: Интел универсал, 2002.
- 10.Бажанов С.А. Инфракрасная диагностика электрооборудования распределительных устройств. Библиотечка электротехника, Прилож. журн. «Энергетик», М.: НТФ «Энергопрогресс», «Энергетик», 2000.
11. Российские тепловизоры и тепловизионные системы // **[Электронный ресурс]** : Принцип действия тепловизора. – Режим доступа: <http://teplovizor.su/princip-deystviya-teplovizora>.
12. FreePatent // **[Электронный ресурс]** : Способ определения пеленга источника звука. – Режим доступа: patents.google.com
13. Шуляченко Р. И. Звуковая разведка в артиллерии. СПб., 1993.
14. www.trilontechnology.com.
15. Техника для спецслужб // **[Электронный ресурс]** : Система обнаружения оптических объектов "МИФ-350". – Режим доступа: <http://www.bnti.ru/des.asp?itm=2443&tbl=02.04>.

16. ТАЛОС // *[Електронний ресурс]*: Ручная активно-импульсная телевизионная камера «Призрак=М». – Режим доступа: <http://talos.ru/prizrak-m/>.
17. Cilas ariane group // *[Електронний ресурс]*: Sniper & Observer Detection: The SLD 500 detectors. – Режим доступа: <https://www.cilas.com/en/sniper-detectors-optics-detector-sld500>.
18. Справочник по электронным компонентам // *[Електронний ресурс]*: микроконтроллеры AVR. – Режим доступа: http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/ic/Atmel/micros/avr/atmega48_88_168.htm.
19. Мікроампер // *[Електронний ресурс]*: Бездротові модулі. – Режим доступа: uamper.com.
20. Практическая электроника // *[Електронний ресурс]*: ULN2003 Драйвер нагрузок на 7 каналов. – Режим доступа: <http://hardelectronics.ru/uln2003.html>.
21. Слепов Н. Н., Дроздов Б. В. Широотно — імпульсна модуляція: Під ред. А. А. Булгакова. — М.: Енергія, 1978. — 192 с.
22. Малюкін О. В., Піддубний В. О., Піддубний В. В. Стабілізатор з малим падінням напруги на регулюючому елементі.
23. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. — Додэка, 2008. — (Схемотехника).
24. Енергоефективні світлодіодні освітлювальні системи: [монографія] / З. Готра, В. Корнага, В. Мартіросова, Г. Нікітський, І. Пастух, А. Рибалочка, В. Сорокін, В. Щиренко; ред.: В. Сорокін; НАН України, Ін-т фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова, Нац. ун-т «Львів. політехніка», НАМН України, Ін-т медицини праці. — Київ: Авіцена, 2016. — 334 с.
25. Компьютерное моделирование антенн. Все о программе MMANA. — М.: ИП РадиоСофт, Журнал «Радио». 2002 — 80 с.: ил.